

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK
BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC (BIPV)
(Studi Kasus : Rumah Sakit Universitas Riau)**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik
Pada program studi teknik elektro fakultas sains dan teknologi



Oleh :

AHMAD RIAN NUR
11555100637

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2019**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK
BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC (BIPV)
(Studi Kasus : Rumah Sakit Universitas Riau)**

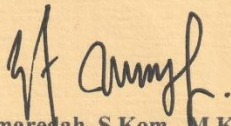
TUGAS AKHIR

Oleh :

AHMAD RIAN NUR
11555100637

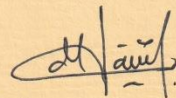
Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Desember 2019

Ketua Program Studi



Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

Pembimbing



Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc
NIK. 130517054

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK
BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC (BIPV)
(Studi Kasus : Rumah Sakit Universitas Riau)

TUGAS AKHIR

Oleh:

AHMAD RIAN NUR
11555100637

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Desember 2019

Pekanbaru, 13 Desember 2019

Mengesahkan,



Dekan

Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag
NIP. 19660604 199203 1 004

Ketua Program Studi

Ewi Ismaredah, S.Kom, M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Dr. Liliana, ST., M.Eng
Sekretaris : Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc
Anggota I : Susi Afriani, ST., MT
Anggota II : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc

[Signature]
[Signature]
[Signature]

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa didalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 13 Desember 2019

Yang membuat pernyataan,

AHMAD RIAN NUR
NIM:11555100637

UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN



“Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Robbmulah hendaknya kamu berharap”.

(Q.S Al-Insyirah ayat: 7-8)

Alhamdulillahillahi robbil’alamin....

Terimakasih ku ucapkan kepada mu ya Allah tuhan semesta alam, sujud syukurku kusembahkan kepada-Mu ya Rabb Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdirmu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berfikir, berilmu beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Sebuah usaha dengan pemikiran dan keringat telah ku lalui dengan tantangan dan rintangan hebat sehingga saatnya sekarang usaha itu membuahkan hasil berupa desain dan karya tulis yang menghantarkanku menjadi seorang sarjana. Semua ini hamba persembahkan kepada Allah yang telah menurunkan tanda-tanda qauliyah-Nya dari Al-Quran.

“Bukankah Dia (Allah) yang memperkenalkan (do’a) orang yang dalam kesulitan apabila dia berdoa kepada-Nya, dan menghilangkan kesusahan dan menjadikan kamu (manusia) sebagai khalifah (pemimpin) di Bumi? Apakah di samping Allah ada Tuhan (yang lain)? Sedikit sekali (nikmat Allah) yang kamu ingat”.

(Q.S An-Naml ayat: 62)

Teruntuk....

Kedua orangtuaku tercinta, terimakasih atas kesabaranmu selama ini, terimakasih atas do’a, semangat, motivasi, lidah dan mulut yang tak pernah lelah menasihati ku walau terkadang nasihat itu sering ku acuhkan. Maafkan atas segala hal kecil dan besar yang pernah ananda lakukan sehingga membuat hati papa dan mama terluka. Terimalah karya kecil ini buah dari hasil pendidikan yang ananda jalani selama masa perkuliahan, sebagai bentuk rasa terimakasihku walau kasih dan sayangmu tak akan pernah bisa tergantikan semoga pahala dan rezeki selalu dilimpahkan kepada Allah swt kepada kalian.

“Jangan pernah takut, ragu, malas untuk melakukan sesuatu hal yang benar, karena sesuatu hal yang didasari dengan niat baik maka akan menghasilkan sesuatu yang baik pula. Jangan berputus asa dan lari dari setiap masalah yang datang hadapilah dengan segenap kekuatan yang ada dan iringi setiap perjuangan dengan do’a niscaya Allah memberikan jalan yang terbaik”.

~Ahmad Riannur~

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGKIT LISTRIK BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC (BIPV) (Studi Kasus : Rumah Sakit Universitas Riau)

AHMAD RIAN NUR
NIM: 11555100637

Tanggal Sidang: 13 Desember 2019

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas KM 15,5 Pekanbaru

ABSTRAK

Energi merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi oleh semua negara yang mengalami pertumbuhan ekonomi tak terkecuali Indonesia. Permasalahan energi yang dialami oleh Indonesia adalah ketergantungan Indonesia dalam pemakaian energi fosil yang mana tercatat sebanyak 96% dari kebutuhan masyarakat Indonesia, dimana 96% energi fosil didominasi oleh minyak bumi sebesar 48%, gas alam sebesar 18%, dan batu bara mencapai 30%. RS Universitas Riau merupakan salah satu rumah sakit umum di kota Pekanbaru yang dimiliki oleh Universitas Riau yang digunakan sebagai rumah sakit pendidikan dengan luas bangunan sebesar 4,688,93 m². RS Universitas Riau terdiri dari 4 lantai Adapun total konsumsi energi listrik rata-rata setiap hari gedung RS Universitas Riau yaitu sebesar 682 kWh atau 21460 kWh setiap bulannya. Untuk mengatasi konsumsi listrik yang besar di RS Universitas Riau maka diperlukan suatu solusi agar dapat mengurangi biaya konsumsi listrik dari rumah sakit. Solusi dari permasalahan tersebut yaitu dengan melakukan perancangan pembangkit listrik dengan BIPV di RS Universitas Riau. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis potensi pembangkit BIPV pada dinding bangunan RS Universitas Riau, menganalisis kelayakan aspek teknis pembangkit listrik BIPV pada gedung RS Universitas Riau dan menganalisis kelayakan aspek ekonomis pembangkit listrik BIPV pada gedung RS Universitas Riau. Adapun metode yang digunakan untuk pembangkit listrik yang akan dipasang pada RS Universitas Riau yaitu menggunakan metode BIPV. Pembangkit listrik BIPV pada RS Universitas Riau menghasilkan energi sebesar 70,02 MWh setiap tahunnya. Pada analisis ekonomis Pembangkit listrik BIPV di RS Universitas Riau memerlukan investasi awal sebesar Rp1.490.601.800,00 yang terdiri dari biaya operasi dan perawatan sebesar Rp14.906.018,00 dan biaya penggantian inverter pada sebesar Rp131.108.000,00. Pada analisis finansial didapatkan nilai *Net Present Value* negatif sebesar (Rp-411.132.941,09), *Internal Rate of Return* (1%) dan *Payback Period* 17,6 Tahun. Berdasarkan analisis ekonomi dan analisis finansial NPV, IRR dan PP pembangkit listrik BIPV pada RS Universitas Riau tidak layak dibangun.

Kata Kunci: *Comsol Multifisic 5.3a, BIPV, kelayakan teknis, ekonomis.*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC (BIPV) POWER PLANT

(Case Study: Riau University Hospital)

AHMAD RIAN NUR

Student Number: 11555100637

Date of Examination December 13th 2019

Electrical Engineering Department
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
JL. HR. Soebrantas KM 15.5 Pekanbaru

ABSTRACT

Energy is one of the problems faced by all countries experiencing economic growth, including Indonesia. The energy problems experienced by Indonesia are Indonesia's dependence on fossil energy use which accounts for 96% of the needs of the Indonesian people, where 96% of fossil energy is dominated by oil by 48%, natural gas by 18%, and coal by 30%. Riau University Hospital is one of the public hospitals in Pekanbaru city owned by Riau University which is used as a teaching hospital with a building area of 4,688.93 m². Riau University Hospital consists of 4 floors. The total average electricity consumption per day of the Riau University Hospital building is 682 kWh or 21460 kWh each month. To overcome the large electricity consumption in Riau University Hospital, a solution is needed to reduce the cost of electricity consumption from hospitals. The solution to these problems is to design a power plant with BIPV in Riau University Hospital. The purpose of this study is to analyze the potential of the BIPV plant on the walls of the Riau University Hospital building, analyze the technical feasibility of the BIPV power plant in the Riau University Hospital building and analyze the economic feasibility of the BIPV power plant in the Riau University Hospital building. The method used for power plants that will be installed at Riau University Hospital is using the BIPV method. The BIPV power plant at Riau University Hospital generates 70.02 MWh of energy annually. In the economic analysis of the BIPV power plant at Riau University Hospital requires an initial investment of Rp1,490,601,800.00 consisting of operating and maintenance costs of Rp14,906,018.00 and the cost of replacing the inverter at Rp131,108,000.00. In the financial analysis the negative Net Present Value value is obtained (Rp-411,132,941.09), Internal Rate of Return (1%) and Payback Period of 17.6 years. Based on economic analysis and financial analysis of NPV, IRR and PP BIPV power plant at Riau University Hospital is not feasible to be built.

Keywords: Comsol Multifisic 5.3a, BIPV, technical feasibility, economic

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah *illahirabbil'alamin*, segala puji dan syukur bagi Allah SWT, atas limpahan rahmat, nikmat dan karunianya yang tak ternilai dan terhitung yang telah memberikan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam tidak lupa penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW karena dengan jasa beliau kita dapat merasakan indahnya iman dan ilmu pengetahuan, semoga dengan bershalawat kita mendapatkan syafa'atnya di akhirat kelak.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akhir untuk mendapatkan kelulusan pada program studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak yang memudahkan urusan penulis dengan memberikan berbagai bantuan baik materil maupun moril. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih dari hati yang paling yaitu kepada:

1. Ayah dan Ibu tercinta, kakak, abang, adik-adik dan keluarga besar yang telah mendoa'kan serta memberikan dukungan dan motivasi agar penulis selalu sabar dan tawakal dan tetap semangat dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. H. Akhmad Mujahidin, M.Ag, selaku rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. Drs. H. Mas'ud, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Dr. Harris Simaremare, ST., MT selaku Wakil Dekan Satu Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Ibu Ewi Ismareda, S.Kom., M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Mulyono, ST., MT, selaku Sekretaris Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Bapak Ahmad Faizal, ST., MT, sebagai koordinator Tugas Akhir

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

8. Ibu Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc, selaku pembimbing Tugas Akhir dari Program Studi, yang telah memberi bimbingan, arahan, dan saran yang berharga dalam menyusun Laporan Tugas Akhir ini.
9. Ibu Susi Afriani, ST., MT, selaku penguji I, yang telah memberi bimbingan, arahan, kritik dan saran yang berharga demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir.
10. Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc, selaku penguji II, yang telah memberi bimbingan, arahan, kritik dan saran yang berharga demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir.
11. Pimpinan, staff dan karyawan Program Studi Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi.
12. Dr Zulharman Med selaku Direktur Rumah Sakit Universitas Riau.
13. Spesial untuk para sahabat yang banyak membantu (Mursyida, S.Stat, M. Fahrul Azwan, Fahrul Rozi, Muhammad Arif, Ahmad Irfai Hasibuan, Muhammad Yahya, M.Tommi Afri Putra, Imam Kusroni, Nanda Zulvi Rahma, Tarik Bilhadi, S.T, dan Doni Kurniadi, S.T.
14. Spesial untuk para sahabat Teknik Elektro angkatan 2015 serta teman-teman konsentrasi energi yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu persatu.
15. Semua pihak yang telah banyak membantu dan memberi motivasi dalam pengerjaan laporan Tugas Akhir ini dari mulai awal hingga selesai yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu penulis menerima segala kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik dimasa yang akan datang.

Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luas biaya bagi pembaca dimasa mendatang. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Pekanbaru, 13 Desember 2019

Ahmad Rian Nur

DAFTAR ISI

| | |
|---|--------------|
| PALAMAN COVER..... | i |
| LEMBAR PERSETUJUAN..... | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL | iv |
| LEMBAR PERNYATAAN..... | v |
| LEMBAR PERSEMBAHAN..... | vi |
| ABSTRAK..... | vii |
| ABSTRACT..... | viii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR TABEL | xviii |
| DAFTAR RUMUS | xix |
| DAFTAR SINGKATAN | xx |
| BAB I PENDAHULUAN | I-1 |
| 1. Latar Belakang | I-1 |
| 1. Rumusan Masalah | I-7 |
| 1. Tujuan Penelitian | I-7 |
| 1. Batasan Masalah | I-7 |
| 1. Manfaat Penelitian | I-8 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | II-1 |
| 2. Studi Literatur | II-1 |
| 2. Gedung Rumah Sakit Universitas Riau..... | II-3 |
| 2. Perpindahan Panas | II-4 |
| 2.1 Konduksi | II-4 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

| | |
|--|-------|
| 2.2 Konveksi | II-4 |
| 2.3.3 Radiasi..... | II-7 |
| 2.4 Sel Fotovoltak (PV)..... | II-7 |
| 2.5 Jenis-Jenis Fotovoltaik | II-8 |
| 2.5.1 Monokristal (<i>monocrystalline</i>)..... | II-8 |
| 2.5.2 Polikristal (<i>polycrystalline</i>)..... | II-8 |
| 2.5.3 <i>Thin Film Solar Cell</i> | II-9 |
| 2.6 Cara Kerja Fotovoltaik..... | II-10 |
| 2.7 Karakteristik PV..... | II-10 |
| 2.8 Faktor Kinerja Yang Mendukung Fotovoltaik..... | II-11 |
| 2.9 <i>Building Integrated Fotovoltaik</i> (BIPV)..... | II-12 |
| 2.9.1 Integrasi BIPV Pada Bangunan..... | II-13 |
| 2.10 Bangunan Hemat Energi | II-14 |
| 2.11 Persamaan Matematika BIPV | II-15 |
| 2.12 Menghitung Efisiensi Modul PV | II-16 |
| 2.13 Analisis Teknis..... | II-17 |
| 2.13.1 Menghitung <i>Area Array</i> | II-17 |
| 2.13.2 Daya Listrik Yang Dibangkitkan BIPV | II-17 |
| 2.14 Analisis Ekonomi BIPV | II-18 |
| 2.14.1 <i>Life Cycle Cost Analysis</i> (LCCA) | II-18 |
| 2.14.2 <i>Power Wort Factor</i> (PWF)..... | II-19 |
| 2.14.3 <i>Cash Flow</i> | II-19 |
| 2.14.4 <i>Net Present Value</i> (NPV) | II-20 |
| 2.14.5 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR) | II-20 |
| 2.14.6 <i>Payback Period</i> | II-20 |
| 2.15 Metode Penyelesaian Persamaan Matematika | II-21 |

| | |
|---|--------------|
| 2.16 Simulasi..... | II-22 |
| 2.16.1 Pengertian Simulasi..... | II-22 |
| 2.16.2 Jenis-Jenis Simulasi | II-22 |
| 2.16.3 Kelebihan Dan Kekurangan Dari Simulasi | II-22 |
| 2.17 <i>Comsol Multiphysics</i> | II-23 |
| 2.18 <i>SketcUp</i> | II-23 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | III-1 |
| 3.1 Lokasi Penelitian..... | III-1 |
| 3.2 Prosedur Penelitian..... | III-2 |
| 3.3 Tahap Perencanaan..... | III-4 |
| 3.3.1 Identifikasi Masalah..... | III-4 |
| 3.3.2 Rumusan Masalah | III-4 |
| 3.3.3 Tujuan | III-4 |
| 3.4 Studi Literatur | III-5 |
| 3.5 Pengumpulan Data | III-5 |
| 3.5.1 Data Sekunder | III-5 |
| 3.6 Analisis Temperatur BIPV..... | III-6 |
| 3.7 Konsep Model Sistem BIPV | III-7 |
| 3.7.1 Pemilihan <i>Space Dimension</i> | III-7 |
| 3.7.2 Input Parameter | III-7 |
| 3.7.3 Pemilihan Modul..... | III-7 |
| 3.7.4 Menggambarkan Geometri..... | III-8 |
| 3.7.5 Pemilihan <i>Mesh</i> | III-8 |
| 3.8 Simulasi..... | III-8 |
| 3.8.1 Melakukan Pemrosesan Awal..... | III-8 |
| 3.8.2 Perhitungan <i>Numberik</i> | III-14 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

| | |
|---|-------------|
| 3.3 Melakukan Pemrosesan Akhir | III-14 |
| 3.9 Analisis Kelayakan..... | III-14 |
| 3.9.1 Analisis Kelayakan Aspek Teknis | III-15 |
| 3.9.2 Analisis Kelayakan Aspek Ekonomis | III-15 |
| 3.10 Penilaian Kelayakan..... | III-16 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | IV-1 |
| 4.1 Lokasi Penelitian..... | IV-1 |
| 4.2 Luas Bangunan..... | IV-1 |
| 4.3 Material Bangunan | IV-5 |
| 4.4 Model Sistem BIPV | IV-6 |
| 4.5 Radiasi Matahari | IV-8 |
| 4.6 Temperatur | IV-10 |
| 4.7 Kecepatan Angin..... | IV-11 |
| 4.8 Tekanan Udara | IV-11 |
| 4.9 Spesifikasi Inverter..... | IV-12 |
| 4.10 Spesifikasi Modul PV | IV-14 |
| 4.11 Analisis Temperatur BIPV | IV-16 |
| 4.11.1 Validasi | IV-16 |
| 4.10.2 Hasil Simulasi BIPV | IV-17 |
| 4.10.3 Menghitung Temperatur Modul BIPV | IV-18 |
| 4.10.4 Menghitung Efisiensi Modul PV | IV-19 |
| 4.10.5 <i>Losses</i> Efisiensi Akibat Temperatur..... | IV-20 |
| 4.10.6 Menghitung <i>Losses</i> Yang Terjadi Pada Sistem BIPV | IV-21 |
| 4.11 Analisis Kelayakan..... | IV-24 |
| 4.12 Analisis Teknis..... | IV-24 |
| 4.12.1 Menentukan Peletakan Dan Luasan Panel Surya (PV Area) | IV-24 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

| | |
|---|------------|
| 4.12.2 Menghitung <i>Yield</i> Energi (Kapasitas Pembangkit Satu Modul PV | IV-26 |
| 4.12.3 Daya Yang Dibangkitkan Pembangkit Listrik BIPV | IV-28 |
| 4.12.4 Hasil Ringkasan Analisis Teknis Pembangkit Listrik BIPV | IV-31 |
| 4.13 Analisis Ekonomis | IV-32 |
| 4.13.1 Analisis Biaya BIPV | IV-33 |
| 4.13.2 Analisis <i>Life Cycle Cos</i> (LCCA) | IV-36 |
| 4.13.3 <i>Cash Flow Benefit</i> (CFB) | IV-37 |
| 4.13.4 <i>Cash Flow Cost</i> (CFC) | IV-38 |
| 4.13.5 Analisis Finansial | IV-41 |
| 4.13.5.1 <i>Net Present Value</i> (NPV) | IV-41 |
| 4.13.6 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR) | IV-43 |
| 4.13.7 <i>Payback Period</i> (PP) | IV-43 |
| 4.13.8 Hasil Analisis Ekonomis Pembangkit Listrik BIPV | IV-44 |
| BAB V PENUTUP | V-1 |
| 5.1 Kesimpulan | V-1 |
| 5.2 Saran | V-2 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Gedung RS Universitas Riau | II-3 |
| Gambar 2.2 Modul surya <i>monocrystalline</i> | II-8 |
| Gambar 2.3 Modul surya <i>polycrystalline</i> | II-9 |
| Gambar 2.4 Modul surya tipe <i>thin film solar cell</i> | II-9 |
| Gambar 2.5 Kurva Arus Tegangan | II-11 |
| Gambar 2.6 BIPV pada facade gedung di Jerman | II-14 |
| Gambar 2.7 BIPV pada <i>roof</i> perumahan di Jerman | II-14 |
| Gambar 2.8 BIPV pada jendela bangunan di Jerman | II-15 |
| Gambar 3.1 <i>Flow chart</i> penelitian | III-3 |
| Gambar 3.2 <i>Flow chat simulasi</i> | III-7 |
| Gambar 3.4 Ikon <i>comsol multifysics 5.3a</i> | III-8 |
| Gambar 3.5 Halaman utama lembar kerja <i>comsol</i> | III-9 |
| Gambar 3.6 Pemilihan <i>space dimension</i> | III-9 |
| Gambar 3.7 Tampilan <i>select pysics</i> | III-10 |
| Gambar 3.8 tampilan <i>select study</i> untuk memilih <i>stationary</i> | III-10 |
| Gambar 3.9 tampilan lembar kerja aplikasi <i>comsol</i> | III-11 |
| Gambar 3.10 Pengaturan <i>geometry</i> | III-11 |
| Gambar 3.11 Pemilihan material | III-12 |
| Gambar 3.12 Pengaturan <i>parameters</i> | III-12 |
| Gambar 3.13 Pengaturan fisika domain | III-13 |
| Gambar 3.14 Pengisian kondisi batas | III-13 |
| Gambar 3.15 Pengaturan <i>mesh</i> | III-14 |
| Gambar 4.1 Luas dinding arah Timur | IV-2 |
| Gambar 4.2 Luas dinding arah Barat | IV-3 |

| | |
|---|-------|
| 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau. | |
| 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber: | |
| a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. | |
| b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau. | |
| Gambar 4.3 Luas dinding arah Utara..... | IV-4 |
| Gambar 4.4 Model Sistem BIPV dinding bata dengan lapisan plaster & ACP..... | IV-6 |
| Gambar 4.5 gambar modul turbulen flow, k-w (spf)..... | IV-7 |
| Gambar 4.6 modul heat transfer in fluid..... | IV-7 |
| Gambar 4.7 modul heat radiation, heat transfer in fluid (ht)..... | IV-8 |
| Gambar 4.8 data temperatur tahun 2019 di RS Universitas Riau..... | IV-11 |
| Gambar 4.9 Grafik kecepatan angin di Pekanbaru (m/s)..... | IV-12 |
| Gambar 4.10 Data tekanan udara di Pekanbaru | IV-12 |
| Gambar 4.11 Modul surya tipe tipe <i>Polycrystalline</i> REC Solar 330Wp..... | IV-15 |
| Gambar 4.12 Grafik <i>Velocity</i> Pada Jurnal BIPV | IV-16 |
| Gambar 4.13 Grafik <i>Velocity</i> Hasil Validasi Jurnal | IV-16 |
| Gambar 4.14 kecepatan angin pada pemodelan BIPV | IV-17 |
| Gambar 4.15 aliran temperatur pada pemodelan BIPV | IV-18 |
| Gambar 4.16 RS UNRI tampak depan setelah dipasang BIPV | IV-25 |
| Gambar 4.17 RS UNRI tampak Belakang setelah dipasang BIPV | IV-25 |
| Gambar 4.18 RS UNRI tampak samping setelah dipasang BIPV | IV-26 |
| Gambar 4.19 Hasil perhitungan daya listrik 1 modul orientasi Timur..... | IV-27 |
| Gambar 4.20 Hasil perhitungan daya listrik 1 modul orientasi Utara | IV-27 |
| Gambar 4.21 Hasil perhitungan daya listrik 1 modul orientasi Barat | IV-28 |
| Gambar 4.22 Hasil produksi energi listrik sebulan selama satu tahun orientasi Timur | IV-29 |
| Gambar 4.23 Hasil produksi energi listrik sebulan selama satu tahun orientasi Utara | IV-29 |
| Gambar 4.24 Hasil produksi energi listrik sebulan selama satu tahun orientasi Barat | IV-30 |
| Gambar 4.25 Hasil produksi energi listrik selama 20 tahun umur BIPV | IV-31 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 4.1 Data Properties Material Konstruksi Dinding RS Universitas Riau | IV-5 |
| Tabel 4.2 Data Temperatur Pada Tahun 2017 di Pekanbaru | IV-9 |
| Tabel 4.3 Data Radiasi matahari dalam W/m^2 | IV-10 |
| Tabel 4.4 Spesifikasi Inverter <i>Sunny Tripower Core 1</i> | IV-13 |
| Tabel 4.5 Spesifikasi Modul Surya..... | IV-15 |
| Tabel 4.6 Hasil perhitungan temperatur dengan menggunakan <i>comsol 5.3</i> | IV-19 |
| Tabel 4.7 Hasil perhitungan efisiensi modul PV dengan menggunakan <i>comsol 5.3a</i> | IV-20 |
| Tabel 4.8 <i>Losses</i> efisiensi akibat temperatur | IV-21 |
| Tabel 4.9 Hasil <i>losses</i> pada pembangkit listrik BIPV | IV-23 |
| Tabel 4.10 Ringkasan analisis teknis Pembangkit listrik BIPV | IV-32 |
| Tabel 4.11 Biaya Investasi Awal pembangkit listrik BIPV..... | IV-35 |
| Tabel 4.12 <i>Analysis Life Cycle Cost (LCCA)</i> | IV 37 |
| Tabel 4.13 BIPV <i>Annually</i> khas masuk..... | IV-39 |
| Tabel 4.14 BIPV <i>Annually</i> uang keluar..... | IV-40 |
| Tabel 4.15 Nilai perhitungan NPV | IV-42 |
| Tabel 4.16 Hasil Ringkasan Analisis Ekonomis pembangkit listrik BIPV | IV-44 |

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR RUMUS

| Rumus | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Bilangan <i>Rynold</i> | II-5 |
| 2.2 Bilangan <i>Nusselt</i> | II-6 |
| 2.3 Bilangan <i>Grashof</i> | II-6 |
| 2.4 Persamaan Matematika BIPV | II-15 |
| 2.5 Persamaan konservasi momentum-X | II-15 |
| 2.6 Persamaan konservasi momentum -Y | II-15 |
| 2.7 Persamaan konservasi energi | II-16 |
| 2.8 Persamaan dari transportasi energi kinetik | II-16 |
| 2.9 Persamaan disipasi energi turbulen | II-16 |
| 2.10 Perhitungan persamaan matematika BIPV | II-16 |
| 2.11 Efisiensi modul PV | II-17 |
| 2.12 Efisiensi pembangkit BIPV | II-17 |
| 2.13 Daya listrik yang dibangkitkan BIPV | II-17 |
| 2.14 <i>Life Cicle Cost</i> | II-18 |
| 2.15 Biaya perawatan dan penggantian komponen | II-18 |
| 2.16 <i>Power Wort Factor</i> (PWF) | II-19 |
| 2.17 <i>Cash Flow Benefit</i> (CFB) | II-19 |
| 2.18 <i>Cash Flow Cost</i> (CFC) | II-20 |
| 2.19 <i>Net Present Value</i> (NPV) | II-20 |
| 2.20 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR) | II-20 |
| 2.21 <i>Payback Period</i> (PP) | II-21 |

DAFTAR SINGKATAN

| |
|---|
| : Building Integrated Fotovoltaik |
| : Fotovoltaik |
| : Kilo Whatt Hours |
| : Life Cicle Cost |
| : Net Present Value |
| : Internal Rate Of Return |
| : Payback Period |
| : Rumah Sakit |
| : <i>Air Conditioner</i> |
| : <i>Thin Film Solar Cell</i> |
| : <i>Cadmium Telluride</i> |
| : <i>Copper Indium Gallium Selenide</i> |
| : Direct Current |
| : Celcius |
| : Kelvin |
| : <i>Cash Flow Benefit</i> |
| : <i>Cash Flow Cost</i> |
| : <i>Power Wor T Factor</i> |
| : Gas Rumah Kaca |

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta
Dilindungi Undang-Undang
KWh
LCC
NPV
IRR
PP
RS
AC
TFSC
CDTE
CIGS
DC
C
K
CFB
CFC
PWF
GRK

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi oleh semua negara yang mengalami pertumbuhan ekonomi, tak terkecuali Indonesia. Seiring dengan banyaknya pembangunan di berbagai sektor, seperti industri, transportasi, infrastruktur, dan sektor yang lainnya maka kebutuhan energi Indonesia akan terus meningkat juga [1]. Permasalahan energi yang dialami oleh Indonesia adalah ketergantungan Indonesia dalam pemakaian energi fosil untuk memenuhi kebutuhan energi sehari-hari, ketergantungan dalam pemakaian energi fosil tercatat sebanyak 96% dari kebutuhan masyarakat Indonesia, dimana 96% energi fosil didominasi oleh minyak bumi sebesar 48%, gas alam sebesar 18%, dan batu bara mencapai 30% [2].

Konsumsi energi yang semakin meningkat terutama pada bahan bakar fosil secara terus menerus berdampak pada pemanasan global atau terjadinya efek gas rumah kaca (GRK). Hasil perhitungan inventarisasi gas rumah kaca nasional menunjukkan bahwa tingkat emisi GRK di tahun 2016 menjadi sebesar 1.514.949,8 *Greenhouse Gas Emissions* (GgCo2e), meningkat sebesar 507.219 GgCo2e dibanding tingkat emisi tahun 2000 atau mengalami peningkatan sebesar 2,9% per tahun selama periode tahun 2000-2016 [3].

Dari penjelasan diatas untuk mengurangi CO₂, GRK dan ketergantungan terhadap energi fosil maka perlu dilakukan alternatif untuk beralih ke sumber energi terbarukan. Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari alam dan dapat digunakan secara berkelanjutan atau terus-menerus, seperti tenaga surya, tenaga angin, arus air, proses biologi dan panas bumi. Pemakaian energi terbarukan yang masih sedikit yang mana pembangkit tenaga air 13,4 GW, Geotermal 11,2GW, dan energi matahari 2,6GW. Sumber energi matahari sangat berpotensi untuk dijadikan alternatif energi karena penggunaanya masih sangat sedikit [4].

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima energi matahari rata-rata sebesar 4,8kWh/m². Kurang dari 30% energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, 23% digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi, sebagian kecil 0,25% ditampung angin gelombang dan arus dan masih ada bagian kecil 0.025% disimpan melalui proses fotosintesis di dalam tumbuh-tumbuhan yang akhirnya digunakan dalam proses

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pembentukan batu bara dan minyak bumi. Sehingga bisa dikatakan bahwa sumber segala energi adalah energi matahari. Energi matahari dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara salah satunya yaitu dengan menggunakan sel *photovoltaic* (PV) [5].

Photovoltaic(PV) adalah solar sel yang merupakan sistem aktif solar yang menghasilkan energi tingkat tinggi atau listrik. Efek PV merupakan proses dasar dimana PV mengkonversi cahaya matahari menjadi listrik. Dalam hal ini sel PV lebih spesifik mengambil energi cahaya matahari sebagai sumber energi utama yang dapat secara bebas, bersih dan tidak bersuara. Piranti ini dapat diterapkan dalam berbagai peralatan. Pada umumnya digunakan dalam situasi di mana sumber pembangkit listrik tidak tersedia, digunakan pada satelit yang mengorbit, alat-alat elektronik seperti kalkulator, jam tangan, telepon, radio, dan pompa air [6].

Konsumsi listrik di Indonesia pada kurun waktu tahun 2002-2012 meningkat dari 79 TWh pada tahun 2000 menjadi 174 TWh pada tahun 2012 atau meningkat rata-rata 6,78% pertahun. Pada tahun 2000 pemanfaatan listrik di sektor industri adalah sebesar 42,9% diikuti oleh sektor rumah tangga 38,6%, komersial 18,4% dan transportasi 0,1%. Padahal pada tahun 2012 pemanfaatan listrik terbesar adalah sektor rumah tangga 41,5% diikuti sektor industri 34,6%, komersial 23,9%, dan transportasi 0,1%. Sektor komersial mengalami pertumbuhan terbesar yang mencapai 9,12% pertahun, diikuti sektor transportasi 7,77%, sektor rumah tangga 7,42%, dan sektor industri 4,87%. Tingginya laju pertumbuhan konsumsi listrik di sektor komersial karena berkembangnya pembanguna rumah sakit, hotel, restoran, perkantoran dan fasilitas umum lainnya yang membutuhkan listrik dalam operasi kegiatannya[7]. Konsumsi energi listrik terbesar di Indonesia didominasi oleh kota-kota besar yang perkembangan teknologi dan industrinya sangatlah cepat salah satunya kota Pekanbaru.

Hal ini dibuktikan dengan tingginya konsumsi energi listrik di kota Pekanbaru pada tahun 2015 sebesar 1.899 Gwh dengan peningkatan sebesar 9,96% setiap tahunnya yang meliputi sektor rumah tangga sebesar 10,84%, sektor komersial sebesar 9,79%, sektor publik sebesar 8,44% dan sektor industri sebesar 0,62% [8]. Sebagai kota yang besar Pekanbaru juga menjadi pusat ekonomi dan pendidikan sehingga banyak penduduk dari berbagai kabupaten bermigrasi ke Pekanbaru. Angka kelahiran yang tinggi dan faktor urbanisasi menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah penduduk di kota Pekanbaru yang mana untuk tahun 2017 tercatat jumlah penduduk kota Pekanbaru sebesar 1.046.566 Jiwa [9].

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk berbanding lurus dengan bertambahnya jumlah penyakit di kota Pekanbaru tersebut sehingga menyebabkan terjadi peningkatan rumah sakit. Kota Pekanbaru sendiri terdapat sebanyak 19 rumah sakit umum yang terdiri dari RS Arifin Ahmad, RS Polda Riau, RS TNI AD, RS TNI AU, RS Islam Ibnu Sina, RS Islam Yayasan Abdur Rab, RS Santa Maria, RS Bina Kasih, RS Pekanbaru Medical Center, RS Lancang Kuning, RS Eka Hospital, RS A. Yani, RS Awal Bros, RS Petala Bumi, RS andini, RS Budi Mulya, RS Awal Bros Panam, RS Sansani dan RS Universitas Riau [10].

Bangunan rumah sakit di kota Pekanbaru sendiri memiliki bentuk yang berbeda-beda mulai dari luas bangunan sampai jenis material bangunannya. Dari beberapa rumah sakit yang peneliti sebutkan diatas hanya ada beberapa rumah sakit yang bangunannya bertingkat dan tergolong besar yaitu RS Arifin Ahmad, RS Santa Maria, RS Pekanbaru, RS Medical Center, RS Eka Hospital, RS Awal Bros Panam dan RS Universitas Riau. Selain RS Universitas Riau, rumah sakit tersebut material pada facadenya didominasi oleh material kaca dan plaster serta banyak sekat-sekat pada dinding bangunannya sehingga menyebabkan dinding bangunan tidak tersinari matahari secara merata [11]. Pada penelitian ini peneliti mengambil RS Universitas Riau sebagai studi kasus dengan alasan dinding bangunannya luas dan tidak bersekat-sekat sehingga dinding bangunan dapat menerima radiasi matahari dengan baik.

RS Universitas Riau merupakan salah satu rumah sakit umum di kota Pekanbaru yang dimiliki oleh Universitas Riau yang digunakan sebagai rumah sakit pendidikan. RS Universitas Riau mempunyai luas tanah sebesar 245,217 m² dan luas bangunan sebesar 4,688,93 m². RS Universitas Riau terdiri dari 4 lantai yaitu lantai utama, lantai 1, lantai 2 dan lantai 3 sedangkan untuk ruangan sendiri RS Universitas Riau memiliki banyak ruangan di antaranya R. Dokter, R. Server, R. Bendahara/keuangan, R. Dokter/ Adm Umum, R. Komite/Perpustakaan, Aula/R. Serbaguna, R. Adm Umum, R. Keuangan, R. Staf TU, Ruang Direktur, Kamar Perawat, Kamar Perawat Pria, Aula, R. Adm Umum Lama, R. Keuangan Lama, R. Server dan Gudang [13].

Ruangan yang banyak tersebut dilengkapi dengan peralatan listrik utama seperti lampu untuk penerangan dan *air conditioner* (AC) untuk kenyamanan suhu ruangan, perangkat komputer untuk ruangan tertentu, peralatan kedokteran dan juga Lift. Universitas Riau sendiri terdapat sebanyak 66 gedung dan RS Universitas Riau adalah gedung ke-2 yang paling banyak mengkonsumsi energi listrik setelah gedung Rektorat

Universitas Riau sehingga biaya pengeluaran listrik untuk RS Universitas Riau tergolong besar. Adapun total konsumsi energi listrik rata-rata setiap hari gedung RS Universitas Riau yaitu sebesar 682 kWh atau 21460 kWh setiap bulannya, setiap lantai mengkonsumsi energi yang berbeda seperti pada lantai dasar mengkonsumsi energi listrik rata-rata sebesar 255,002 kWh, lantai 1 sebesar 145,286 kWh, lantai 2 sebesar 148,496 kWh dan lantai 3 sebesar 133,216 kWh [13]. Adapun untuk biaya listrik setiap bulannya RS Universitas Riau mengeluarkan biaya sebesar Rp. 26.079.000 – Rp.32.073.000 atau rata-rata Rp. 353.480.400 setiap tahunnya [14].

Untuk mengatasi konsumsi listrik yang besar di RS Universitas Riau tersebut maka diperlukan suatu solusi agar dapat mengurangi biaya konsumsi listrik dari rumah sakit. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan melakukan pemasangan sistem PV pada Rumah Sakit ini. Ada beberapa metode pemasangan PV yaitu pemasangan *Grounding System, Rooftop System, Canal Top System, Offshore System, Floating System* dan *building integrated photovoltaic (BIPV)*. Bangunan terintegrasi dengan PV atau biasa disebut dengan BIPV merupakan gabungan dari teknologi *elektrical* dari solar panel PV dengan konstruksi suatu bangunan, yang mana panel PV diletakkan di kulit terluar bangunan dengan konstruksi yang menopang pada struktur utama bangunan tersebut [15].

Sebagai bagian dari bangunan BIPV memiliki keuntungan dari umur PV yang panjang kemudian sel PV tidak menghasilkan bagian yang bergerak, tidak berisik dan tidak menimbulkan polusi pada lingkungan. BIPV dapat mengurangi biaya investasi dan perawatan dan juga dapat menghilangkan polusi udara yang besar yang disebabkan oleh bahan bakar fosil. Sebagai bangunan yang lama BIPV dapat membuat bangunan yang lama tampak lebih baru yang dapat meningkatkan daya tarik bangunan dan nilai jual bangunan. Dari segi arsitektur BIPV dapat mempercantik bangunan, memenuhi persyaratan estetika arsitektur dan dapat menghasilkan keindahan tersendiri dari bangunan dan dengan efek lingkungan hijau BIPV dapat menyediakan area yang memadai untuk sistem PV, tidak memerlukan lahan husus dari permukaan tanah karena bangunan RS Universitas Riau bertingkat maka rasio dinding lebih luas dari pada atap sehingga potensi luas dinding bangunan RS Universitas Riau bisa dimanfaatkan dan menghemat penggunaan lahan. Berbagai penelitian tentang BIPV sudah banyak dikembangkan pada atap, dinding dan jendela bangunan [15].

Peneliti memilih metode BIPV ini berdasarkan data konstruksi bangunan RS Universitas Riau yang mana material bangunan yang digunakan pada rumah sakit ini

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

terdiri dari batu bata merah, plaster, dan *aluminium composite panel* (ACP) dengan ketebalan dinding bangunan RS Universitas Riau sebesar 15,5 cm [16]. Dengan melihat data material di RS Universitas Riau tersebut sangat berpotensi jika pemasangan PV pada bangunan dilakukan secara BIPV dan dengan adanya material ACP yang memiliki nilai konduktivitas yang tinggi maka akan berpotensi mengurangi panas pada modul PV tersebut sehingga mempercepat perpindahan panas (*heat transfer*) dari modul ke dinding bangunan, sehingga akan terjadi penurunan temperatur pada panel PV dan efisiensi dari panel PV akan meningkat. Agar temperatur yang diakibatkan oleh matahari pada sel PVnya berkurang maka pemasangan BIPV itu dirancang secara berventilasi [17].

Berdasarkan wawancara yang peneliti lakukan pada tanggal 27 Agustus 2019 dengan Direktur RS Universitas Riau yaitu Bpk dr. Zulharman, M. Med. Ed yang mengatakan bahwa “Selubung dinding pada bangunan RS Universitas Riau hanya berfungsi sebagai dinding bangunan saja dan saya sangat mendukung untuk melakukan penelitian tentang BIPV ini, apalagi komponen yang menangkap cahaya matahari atau modul surya itu harganya sekarang sudah terjangkau meski terkendala di biaya baterai yang relatif mahal [12]”.

Pada tahap penelitian ini tahap pertama yang peneliti lakukan adalah dengan melakukan analisis temperatur BIPV. Pada analisis temperatur BIPV peneliti menggunakan standar penelitian [17] yang melakukan penelitian berjudul *numerical and experimental study of heat transfer in a BIPV thermal system* untuk menganalisis perpindahan panas dan aliran fluida dalam sistem rongga BIPV secara numerik dan eksperimen. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah kecepatan aliran rata-rata 0,4 m/s dan 1 m/s dari BIPV sesuai dengan penurunan tekanan masing-masing 0,3 Pa dan 2 Pa. Suhu udara *intake* diatur ke 0 °C dan kecepatan udara rata-rata 0,5 m/s. Rata-rata koefisien perpindahan panas dihitung menjadi 5,8 W/m²K untuk panel PV dan 8,6 W/m²K, untuk rata-rata isolasi dari keduanya adalah 7,1 W/m²K. Koefisien perpindahan panas divalidasi untuk rentang kecepatan dari 0,3 m/s ke 0,6 m/s dan suhu ambien dari -10 °C hingga 10 °C.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut peneliti ingin melakukan studi pendahuluan untuk menganalisis kelayakan pembangkit listrik BIPV, yang mana terdiri dari aspek teknis, aspek lingkungan, aspek ekonomis dan aspek sosial. Aspek teknis sangat penting untuk dilakukan agar dapat diketahui jumlah modul yang bisa dipasang dan daya listrik yang dihasilkan. Analisis aspek ekonomis juga sangat penting dilakukan agar dapat

diketahui berapa biaya yang dibutuhkan oleh investor yang ingin menanamkan modalnya seperti biaya modal awal untuk membeli komponen, pemasangan, perawatan hingga tahun kembalinya biaya modal setelah pemasangan BIPV.

Pada awalnya peneliti akan menghitung analisis temperatur BIPV menggunakan penelitian [17] sebagai standar untuk menghitung temperatur sel PV, efisiensi sel PV dan daya listrik yang dihasilkan oleh modul PV dengan menggunakan perangkat lunak *comsol multiphysic* 5.3a. Pada aplikasi *comsol* peneliti akan memasukkan data-data properti modul PV, properti dinding bangunan, data radiasi matahari, kecepatan angin, temperatur dan tekanan. Keluaran simulasi *comsol* akan menghasilkan profil aliran temperatur dan kecepatan aliran pada pembangkit listrik BIPV, setelah profil aliran dari simulasi *comsol* diketahui akan dapat dihitung temperatur pada sel PV.

Setelah analisis temperatur BIPV didapatkan peneliti akan menghitung aspek teknis dan ekonomis. Aspek teknis pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran luas selubung bangunan sehingga dari luas selubung bangunan tersebut akan diketahui berapa jumlah modul surya yang akan digunakan untuk diletakkan pada selubung bangunan tersebut sehingga dari jumlah modul yang digunakan akan diketahui berapa watt daya listrik yang dihasilkan.

Analisis perhitungan ekonomi BIPV akan dilakukan dengan menghitung siklus hidup atau semua biaya sekarang dan di masa depan berhubungan dengan sistem BIPV yang dibangun (LCC), menganalisis keuntungan dari investasi atau proyek *Net Present Value* (NPV), menghitung besarnya tingkat keuntungan yang digunakan untuk melunasi jumlah uang yang dipinjam agar tercapai keseimbangan ke arah nol dengan pertimbangan keuntungan *Internal Rate of Return* (IRR) dan menghitung waktu yang dibutuhkan agar investasi yang telah dikeluarkan kembali kepada investor *payback period* (PP). Berdasarkan permasalahan dan peluang di atas penulis ingin melakukan penelitian dengan judul **“Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik *Building Integrated Fotovoltech* (BIPV) (Studi Kasus: Rumah Sakit Universitas Riau)”**.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menganalisis potensi pembangkit BIPV pada dinding bangunan RS Universitas Riau?
2. Bagaimana menganalisis kelayakan aspek teknis pembangkit listrik BIPV pada bangunan RS Universitas Riau?
3. Bagaimana menganalisis kelayakan aspek ekonomis pembangkit listrik BIPV pada bangunan RS Universitas Riau?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis potensi pembangkit BIPV pada dinding bangunan RS Universitas Riau.
2. Menganalisis kelayakan aspek teknis pembangkit listrik BIPV pada gedung RS Universitas Riau.
3. Menganalisis kelayakan aspek ekonomis pembangkit listrik BIPV pada gedung RS Universitas Riau.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini diberikan batasan masalah agar penelitian yang dilakukan sesuai dengan tujuan pelaksanaan. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Aliran fluida pada reservoir dianggap turbulen dan pada kondisi *steady state*.
2. Jenis PV yang digunakan adalah *polycrystalline*.
3. Model desain yang digunakan pada penelitian ini adalah model dua dimensi.
4. BIPV yang diterapkan hanya di *facade*, yaitu pada dinding bangunan RS Universitas Riau.
5. Software atau perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan simulasi yaitu *comsol multyfisics 5.3a*.
6. Variabel untuk analisis teknis yang dihasilkan simulasi comsol meliputi temperatur sel PV, efisiensi listrik dan potensi/produksi listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik BIPV berdasarkan data radiasi matahari, kecepatan angin, tekanan di Pekanbaru.
7. Variabel ekonomi meliputi, Analisis *Life Cycle Cost* (LCCA), *Net Present Value* (NPV), metode *Internal Rate of Return* (IRR) dan *Payback Period* (PP).

1.5

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Manfaat Penelitian

Adapun mamfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam bidang Akademis penelitian ini diharapkan menjadi tambahan referensi terhadap kajianPV.
2. Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi pemerintah maupun masyarakat untuk bisa menerapkan sistem PV demi melestarikan energi terbarukan.
3. Peneltian ini diharapkan dapat menjadi solusi bagi pemerintah untuk mengurangi konsumsi energi fosil dan mengganti dengan energi terbarukan.
4. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rancangan simulasi BIPV yang dapat menghasilkan energi listrik dan mengurangi beban pemakaian AC pada bangunan
5. Penelitian ini bisa digunakan sebagai rekomendasi penggunaan teknologi baru dalam hal PLTS di RS Universitas Riau.



UIN SUSKA RIAU

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian tugas akhir ini akan dilakukan studi literatur yang merupakan pencarian referensi yang relevan dengan permasalahan yang akan di selesaikan baik dari buku, artikel dan jurnal yang digunakan sebagai masukan dan ide untuk mengerjakan penelitian ini. Berdasarkan kajian pustaka-pustaka sebelumnya yang telah banyak dilakukan penelitian tentang Penelitian *Building Integrated photovoltec* (BIPV) dengan hasil-hasil yang sudah dipublikasikan sebagai berikut :

Penelitian yang berjudul *Numerical and Experimental Study of Heat Transfer in A BIPV Thermal Syistem*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perpindahan panas dan alilran fluida dalam sistem rongga BIPV secara numerik dan eksperimen. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah kecepatan aliran rata-rata 0,4 m/s dan 1 m/s dari BIPV sesuai dengan penurunan tekanan masing-masing 0,3 Pa dan 2 Pa. Suhu udara *intake* diatur ke 0 °C dan kecepatan udara rata-rata 0,5 m/s. Rata-rata konvektif koefisien perpindahan panas dihitung menjadi 5,8 W/m²K untuk panel PV dan 8,6 W/m²K, untuk rata-rata isolasi dari keduanya adalah 7,1 W / m²K. Koefisien perpindahan panas divalidasi untuk rentang kecepatan dari 0,3 m/s ke 0,6 m/s dan suhu ambien dari -10 °C hingga 10 °C [17].

Penelitian yang berjudul *Thermal Analysis Of A Building Integrated Photovoltaic (BIPV) System*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perilaku termal sistem BIPV untuk memutuskan apakah ventilasi alami dari udara di belakang PV adalah cukup untuk mendinginkan dan membuang kelebihan panas. Suhu PV lebih tinggi di atas permukaan daripada bagian bawah. Secara khusus, pada jam kedua paparan radiasi konstan 800 W/m² PV permukaan bawah berada di 50°C dan bagian atas 63 °C. Sebagian besar volume dinding memiliki suhu hampir konstan (kurang dari variasi 2 °C dari bawah ke atas) dan dengan demikian asumsi yang dibuat sebelumnya bahwa dinding dapat dianggap sebagai piring *isothermal* benar [19].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Penelitian yang berjudul *Numerical Study of Natural Ventilation in BIPV Trombe Wall*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari perilaku termal dari aliran udara konveksi alami selama satu hari dalam setahun. Hasil dari penelitian ini didapatkan Paparan dari udara yang ada di dinding surya untuk matahari yang masuk radiasi memanaskan udara dan karena densitasnya jatuh dan naik menduduki daerah dekat atap dan panas yang dilepaskan dari lempengan menjelaskan nilai-nilai penting dari suhu yang tersimpan di lapisan atas ruangan. Pada pukul 10.00 suhu 13 °C, kenaikan suhu sel PV dan mencapai 40 °C pukul 12.00 ketika efisiensi sel PV adalah terendah (0,036), maka penurunan untuk jam berikutnya sampai mencapai nilai terendah di malam hari ketika efisiensi mencapai nilai max (0,042) [20].

Penelitian yang berjudul *Energy Saving Evaluation Of The Ventilated BIPV Walls*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui mekanisme pengurangan aliran panas yang terjadi pada *Building Integrated photovoltaic* (BIPV) dinding yang berventilasi. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan penghematan energi dan mengurangi emisi CO₂ pada bangunan dengan menggunakan asumsi tiga kecepatan angin. Dengan kecepatan angin di luar ruangan 0,5 m/s, 1.0 m/s, dan 2,0 m/s, dengan 2,85 m² ukuran ventilasi dinding BIPV dan mampu menyimpan 3,8-4,1 kWh, 4,3-5,7 kWh dan 8,5-10,7 kWh setiap hari dan mengurangi 70-76 kg, 80-107 kg, dan 160-201 kg emisi CO₂ masing-masing setiap bulan [21].

Penelitian yang berjudul *Studi Kelayakan Penerapan Sistem Hybrid BIPV Pada Atap Gedung Politeknik Aceh*. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk menentukan jumlah listrik yang dihasilkan selama 12 bulan percobaan. Hasil dari analisis teknis didapatkan energi listrik tertinggi didapatkan pada bulan juni yaitu 764 kWh hal ini sangat sesuai dengan yang diharapkan mengingat pada bulan tersebut radiasi matahari sangat tinggi dan energi terendah didapatkan pada bulan januari yaitu sebesar 523 kWh [22].

Pada awalnya peneliti akan menghitung analisis temperatur BIPV menggunakan penelitian [17] sebagai standar untuk menghitung temperatur sel PV, efisiensi sel PV dan daya listrik yang dihasilkan oleh modul PV dengan menggunakan perangkat lunak *comsol multisysic* 5.3a. Pada aplikasi *comsol* peneliti akan memasukkan data-data berupa properties sel PV dan properties bangunan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Setelah analisis temperatur BIPV didapatkan peneliti akan menghitung aspek teknis dan ekonomis. Aspek teknis pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran luas selubung bangunan sehingga dari luas selubung bangunan tersebut akan diketahui berapa jumlah modul surya yang akan digunakan untuk diletakkan pada selubung bangunan tersebut sehingga dari jumlah modul yang digunakan akan diketahui berapa watt daya listrik yang dihasilkan dengan terlebih dahulu melakukan perhitungan temperatur sel PV yang dipasang setelah dilakukan instalasi. Setelah temperatur sel PV diketahui baru bisa dihitung efisiensi yang dihasilkan oleh PV tersebut dan akan bisa dihitung berapa potensi/produksi listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik BIPV.

Analisis perhitungan ekonomi BIPV akan dilakukan dengan menghitung siklus hidup (LCC) atau semua biaya sekarang dan di masa depan berhubungan dengan sistem BIPV yang dibangun, *Net Present Value* (NPV) menganalisis keuntungan dari investasi atau proyek, *Internal Rate of Return* (IRR) besarnya tingkat keuntungan yang digunakan untuk melunasi jumlah uang yang dipinjam agar tercapai keseimbangan ke arah nol dengan pertimbangan keuntungan dan menghitung *payback period* (PP) atau waktu yang dibutuhkan agar investasi yang telah dikeluarkan kembali kepada investor.

2.2 Gedung Rumah Sakit Universitas Riau



Gambar 2.1 Gedung Rumah Sakit Universitas Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gedung Rumah Sakit Universitas Riau terletak di Jalan HR. Soebrantas KM 12.5, Simpang Baru, Panam, Kec.Tampan, Kota Pekanbaru dengan luas sebesar 1519 m². Gedung RS UNRI memiliki 4 lantai yaitu lantai dasar dengan luas 1519 m² dan lantai 1 – 3 dengan luas 1258 m². Gedung RS UNRI memiliki banyak ruangan diantaranya R. Dokter, R. Server, R. Bendahara/keuangan, R. Dokter/ Adm Umum, R. Komite/Perpustakaan , Aula, R. Serbaguna, R. Adm Umum, R. Keuangan, R. Staf TU, Ruang Direktur, Kamar Perawat, Kamar Perawat Pria, Aula, R. Adm Umum Lama, R. Keuangan Lama, R. Server dan Gudang. Ruangan yang banyak ini dilengkapi dengan peralatan listrik utama seperti lampu untuk penerangan, Lift untuk naik ke lantai atas, peralatan-peralatan rumah sakit, *air conditioner* (AC) untuk kenyamanan suhu ruangan, perangkat komputer untuk tenaga usaha Rumah Sakit serta peralatan listrik lainnya [13]. Adapun total konsumsi energi listrik RS UNRI rata-rata setiap harinya yaitu sebesar 682 kWh dan setiap bulannya Rumah Sakit ini mengeluarkan biaya untuk konsumsi energi listrik sebesar Rp. 26.079.000 – Rp. 32.073.000 dan sebesar Rp. 353.480.400 setiap tahunnya [14].

2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas (*Heat Transfer*) adalah disiplin ilmu yang menjelaskan tentang panas berpindah dari suatu materi atau benda ke benda lainnya melalui berbagai medium tempat perambatan yang di akibatkan oleh perbedaan suhu dari suatu keadaan panas sehingga dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lainnya. Ditinjau dari medium atau tempat perambatannya secara umum ada tiga proses perpindahan panas yaitu konduksi, konveksi dan radiasi[23].

2.3.1 Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi merupakan perpindahan tenaga sebagai kalor melalui sebuah proses medium stasioner, seperti tembaga, air, dan udara. Di dalam benda-benda padat maka perpindahan tenaga timbul karena atom-atom pada temperatur yang lebih tinggi bergetar dengan lebih bergairah, sehingga atom-atom tersebut dapat memindahkan tenaga kepada atom-atom yang lebih lesu yang berada di dekatnya dengan kerja mikroskopik, yakni kalor. Di dalam logam-logam, elektron-elektron bebas juga membuat kontribusi kepada proses hantaran kalor. Di dalam sebuah cairan atau gas, molekul-molekul juga giat (mudah bergerak), dan tenaga juga dihantar oleh tumbukan-tumbukan molekul [23].

2.3.2 Konveksi

Bila sebuah fluida lewat di atas sebuah permukaan padat panas, maka tenaga dipindahkan kepada fluida dari dinding oleh panas hantaran. Tenaga ini kemudian diangkut atau dikonveksikan (*convected*), ke hilir oleh fluida, dan didifusikan melalui fluida oleh hantaran di dalam fluida tersebut. Jenis proses perpindahan tenaga ini dinamakan perpindahan tenaga konveksi (*convection heat transfer*) [23].

1. Bilangan Yang Tidak Berdimensi

a. Bilangan reynolds

Bilangan reynolds adalah rasio antara gaya inersia terhadap gaya *viskos* yang menkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasikan jenis aliran berbeda, misalnya leminar dan turbulen. Namanya diambil dari *Osborne Reynolds* (1842-1912) yang mengusulkan pada tahun 1883. Bilangan *reynold* merupakan salah satu bilangan tak berdimensi yang paling penting dalam mekanika fluida dan digunakan, seperti halnya dengan bilangan tak berdimensi lain, untuk memberikan kriteria untuk menentukan *dynamic similitude*. Jika dua pola aliran mirip secara geometris, mungkin pada fluida yang berbeda dan laju alir yang berbeda pula, memiliki nilai bilangan tak berdimensi yang relevan, keduanya disebut memiliki kemiripan dinamis [24]. Rumus untuk menghitung bilangan *reynold* yaitu:

$$Re = \frac{\rho u d}{\mu} \quad (2.1)$$

Keterangan :

Re = Bilangan Reynold

ρ = densitas (kg/m³)

u = kecepatan Fluida (m/s)

d = diameter (m)

μ = viskositas

b. Bilangan Nusselt

Bilangan *Nusselt* adalah rasio pindah panas konveksi dan konduksi normal terhadap batas dalam kasus pindah panas pada permukaan fluida, bilangan *Nusselt* adalah satuan tak berdimensi yang dinamai menggunakan *Wilhelm Nusselt*. Komponen konduktif diukur dengan kondisi fluida stagnan atau tidak

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

bergerak. Aliran panas konduksi dan konveksi sifatnya sejajar satu sama lainnya dan terhadap permukaan normal terhadap bidang batas [24].

$$Nu_L = \frac{hL}{k_f} = \frac{\text{Koefisien pindah panas konvektif}}{\text{Koefisien pindah panas konduktif}} \quad (2.2)$$

Di mana:

L = panjang karakteristik

K_f = konduktivitas termal fluida

h = koefisien pindah panas konvektif

Pemilihan panjang karakteristik harus searah dengan ketebalan dari lapisan batas. Contoh dari panjang karakteristik misalnya diameter terluar dari silinder pada aliran yang mengalir di luar silinder, tegak lurus terhadap aksis silinder. Selain itu, panjang papan *vertikal* terhadap konveksi alami yang bergerak ke atas dan diameter bola yang berada di dalam aliran konveksi juga merupakan panjang karakteristik.. untuk bangun yang lebih rumit, panjang karakteristik bisa dihitung dengan membagi volume terhadap luas permukaannya. Untuk konveksi bebas, rata-rata bilangan *Nusselt* dinyatakan sebagai fungsi dari bilangan *rayleigh* dan bilangan *prandtl*. Dan untuk konveksi paksa, rata-rata bilangan *Nusselt* adalah fungsi bilangan *reynolds* dan bilangan *prandtl*. Hubungan empiris untuk berbagai geometri terkait konveksi menggunakan bilangan *Nusselt* didapatkan melalui eksperimen [24].

c. Bilangan *grashof*

Bilangan *grashof* menunjukkan gaya angkat (*buoyant*) yang terjadi pada zat cair, gaya angkat yang terjadi ini disebabkan oleh perbedaan berat jenis sehingga terjadi konveksi secara alami (*free convection*) [24].

Dalam bentuk persamaan ditulis:

$$Gr = [(\beta \cdot g \cdot d^3) / \nu^2] \cdot \Delta t \quad (2.3)$$

Dimana:

Gr = bilangan *Grashof* (tanpa dimensi)

B = koefisien pemuaian zat cair ($1/^\circ\text{C}$)

G = percepatan gravitasi (m/jam^2)

D = diameter pipa (m)

Δt = perbedaan temperatur ($^\circ\text{C}$)

V = viskositas kinematis (m^2/jam).

2.3.3 Radiasi

Radiasi merupakan proses perpindahan panas dari suatu benda ke benda lain tanpa melalui medium. Dalam teori radiasi dijelaskan bahwa panas yang berpindah dari suatu benda ke benda lain dipancarkan melalui gelombang elektromagnetik sehingga dalam proses perpindahannya tidak memerlukan medium sama sekali. Bahkan jika kedua benda tersebut dipisahkan oleh ruang hampa, panas akan tetap berpindah melalui pancaran gelombang elektromagnetik. Panas matahari yang sampai ke bumi merupakan salah satu contoh nyata bentuk perpindahan panas secara radiasi. Meskipun jarak antara matahari dan bumi sangat jauh serta dipisahkan oleh ruang hampa, panas matahari tetap dapat sampai ke bumi melalui pancaran. Laju perpindahan panas radiasi suatu benda dipengaruhi oleh beberapa hal. Salah satu hal yang berpengaruh terhadap laju perpindahan panas secara radiasi adalah kondisi permukaan benda yang memancarkan dan menerima radiasi. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat permukaan benda berpengaruh langsung terhadap emisivitas (daya pancar) benda tersebut. Dengan kata lain, kekasaran permukaan, pelapisan serta perlakuan permukaan terhadap suatu benda akan berpengaruh terhadap proses laju perpindahan panas yang terjadi antara dua benda yang bertukar panas[23].

2.4 Sel Fotovoltaik (PV)

Fotovoltaik adalah sel solar yang merupakan sistem aktif solar yang menghasilkan energi tingkat tinggi atau listrik. Efek fotovoltaik merupakan proses dasar dimana fotovoltaik mengkonversi cahaya matahari menjadi listrik. Dalam hal ini sel fotovoltaik lebih spesifik mengambil energi cahaya matahari sebagai sumber energi utama yang dapat secara bebas, bersih dan tidak bersuara. Piranti ini dapat diterapkan dalam berbagai peralatan. Pada umumnya digunakan dalam situasi di mana sumber pembangkit listrik tidak tersedia, digunakan pada satelit yang mengorbit, alat-alat elektronik seperti kalkulator, jam tangan, telepon, radio, dan pompa air. Dalam bidang arsitektur, sel fotovoltaik dimanfaatkan untuk menyuplai energi listrik ke bangunan [6].

Efek fotovoltaik pertama kali ditemukan pada tahun 1839 oleh fisikawan asal Perancis, Alexandre Edmond Becquerel. Tetapi belum sampai tahun 1883 sel solar pertama dibuat oleh Charless Fritts, yang melapisi selenium semikonduktor dengan sebuah lapisan emas tipis untuk membentuk persimpangan arus. Alat ini hanya mampu mengkonversi energi listrik sebesar 1%. Russel Ohl mematenkan sel solar modern tahun 1946. Sven Ason Berglund memegang hak paten lebih dulu mengenai metode

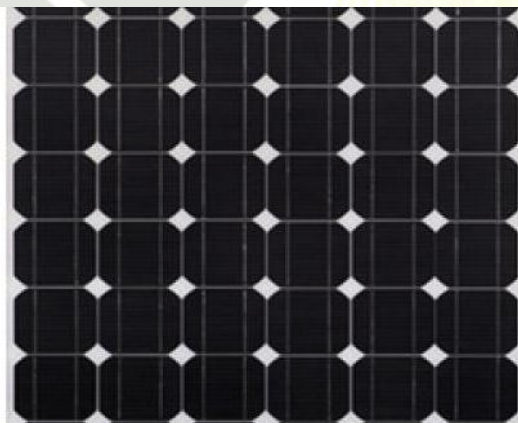
meningkatkan kapasitas sel peka cahaya. Era modern teknologi sel fotovoltaik tiba pada tahun 1954 ketika Bell Laboratories bereksperimen dengan semikonduktor, secara kebetulan menemukan silikon dengan kadar tertentu yang sangat peka cahaya. Hasil produksi sel solar pertama ini mampu mengkonversi cahaya matahari dengan tingkat efisiensi hingga 6% [6].

2.5 Jenis-Jenis Potovoltaik

Sel fotovoltaik terbagi ke dalam beberapa jenis di lihat dari material yang digunakan dan efisiensi yang di hasilkan oleh masing-masing sel, berikut beberapa jenis sel fotovoltaik tersebut:

2.5.1 Monokristal (*Monocrystalline*)

Monokristal merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi antara 12 – 15%. Panel jenis ini memiliki kelemahan yaitu tidak akan berfungsi dengan baik di tempat yang cahaya mataharinya kurang (teduh), sehingga efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca yang berawan. Panel surya jenis monokristal ditunjukkan pada Gambar 2.2. [25].



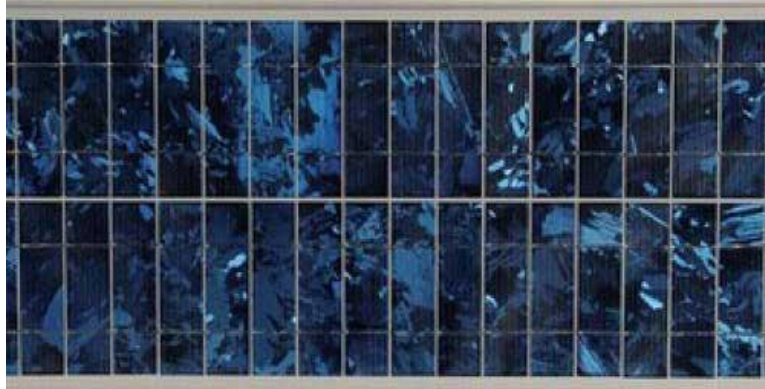
Gambar 2.2 Sel surya tipe *Monocrystalline* [26]

2.5.2 Polikristal (*Polycrystalline*)

Polikristal adalah panel surya yang susunan kristalnya tidak beraturan atau acak. Tipe polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Panel surya ini memiliki efisiensi berkisar antara 10 – 12%. Panel surya jenis polikristal ini ditunjukkan pada Gambar 2.3 [25].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.3 Sel surya tipe *Polycrystalline* [26].

2.5.3 *Thin Film Solar Cell (TFSC)*

Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara lapisan dasarnya ditambahkan satu atau beberapa lapisan. Karena lapisannya yang tipis membuat jenis sel surya ini sangat ringan dan fleksibel. Jenis ini disebut juga dengan nama *Thin Film Photovoltaic (TFPV)*[25]. Panel surya jenis *Thin Film Solar Cell (TFSC)* ini ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Sel surya tipe *Thin Film Solar Cell (TFSC)* [26].

Berdasarkan materialnya, sel surya *Thin Film* ini digolongkan menjadi:

1. *Amorphous (a-Si) Solar Cell*

Sel surya berbahan *amorphous silicon* pada awalnya banyak di aplikasikan pada jam tangan dan kalkulator. Namun seiring kemajuan zaman dan teknologi, aplikasinya semakin luas. Pada produksinya disebut juga dengan nama "*stacking*" (susun lapis), yang mana *amorphous silicon* di tumpuk membentuk sel surya sehingga akan memberikan efisiensi yang sangat baik berkisar 6% - 8% [25].

2. Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cell

Bahan dasar sel surya jenis ini adalah *cadmium telluride* yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari sel surya *amorphous silicon*, yaitu sekitar: 9% – 11% [25].

3. Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cell

Sel surya jenis ini memiliki efisiensi yang paling tinggi dibandingkan jenis sel surya *thin film* di atas, sel surya jenis ini memiliki efisiensi antara 10% – 12% dan tidak mengandung bahan jenis *cadmium* yang berbahaya seperti pada sel surya CdTe [25].

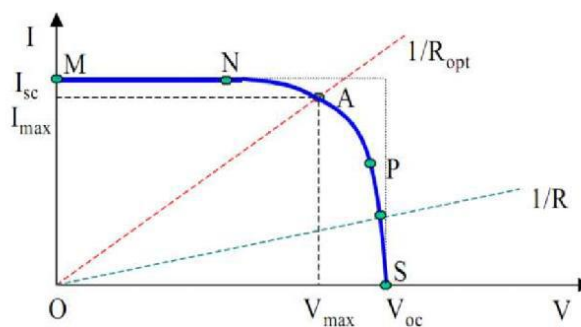
2.6 Cara kerja Fotovoltaik

Berikut adalah cara kerja sel fotovoltaik [30]:

1. Foton yang ada dalam cahaya matahari mengenai sel surya dan diserap oleh bahan semikonduktor, seperti silikon.
2. Elektron (muatan negatif) dilepaskan dari atomnya, memungkinkan elektron-elektron ini untuk mengalir melalui material untuk memproduksi listrik. Muatan positif pelengkap yang juga terbentuk (seperti gelembung) disebut *hole* dan mengalir ke arah yang berlawanan dengan elektron di dalam *silicon* panel solar.
3. Lajur panel solar mengkonversi energi matahari menjadi sejumlah arus listrik satu arah (DC) yang siap pakai.

2.7 Karakteristik PV

Sel surya adalah sebuah alat non-linear, sehingga untuk memahami karakteristiknya digunakan suatu grafik. Sifat elektrik dari sel surya dalam menghasilkan energi listrik dapat diamati dari karakteristik sel tersebut, yaitu berdasarkan arus dan tegangan yang dihasilkan sel surya pada kondisi cahaya dan beban yang berbeda-beda. Karakteristik panel surya terdiri dari kurva arus tegangan dan kurva daya tegangan [25].



Gambar 2.5 Kurva Arus Tegangan [25].

Gambar 2.5 menunjukkan ketika sel dihubungkan dengan beban (R). Beban memberi hambatan sebagai garis linear dengan garis $I/V = I/R$. Hal tersebut menunjukkan daya yang didapat bergantung pada nilai resistansi. Jika R kecil maka sel beroperasi pada daerah kurva MN, dimana sel beroperasi sebagai sumber arus yang konstan atau arus *short circuit* (I_{sc}). Pada sisi lain jika R besar, sel beroperasi pada daerah PS, dimana sel beroperasi sebagai sumber tegangan yang konstan atau tegangan *open circuit* (V_{oc}). Jika dihubungkan dengan hambatan optimal R_{opt} berarti sel surya menghasilkan daya maksimal dengan tegangan maksimum (V_{max}) dan arus maksimum (I_{max}) [25].

Parameter pada kurva arus tegangan Parameter yang biasa digunakan untuk menentukan output karakteristik dari sel surya, yaitu [25]:

1. Arus hubung singkat atau *short circuit current* (I_{sc}) adalah arus keluaran maksimum dari sel surya pada kondisi tidak ada resistansi.
2. Tegangan hubung terbuka atau *open circuit voltage* (V_{oc}) adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus.
3. Daya maksimum (P_{max}) pada Gambar 2.4 berada pada titik A (V_{max}, I_{max}).
4. Faktor pengisian atau *Fill Factor* (FF) merupakan harga yang mendekati konstanta suatu sel surya tertentu. Jika nilai FF lebih tinggi dari 0.7, maka sel tersebut lebih baik.

Fill factor pada dasarnya adalah ukuran kualitas dari sel surya. Hal ini dihitung dengan membandingkan daya maksimum teoritis dan daya *output* pada tegangan rangkaian terbuka dan hubungan pendek. Persamaan *fill factor* adalah P_{max}/P_T atau $(I_{mp} \times V_{mp}) / (I_{sc} \times V_{oc})$ [27].

2.8 Faktor Kinerja Yang Mendukung Fotovoltaik

Berikut faktor-faktor yang mendukung kinerja fotovoltaik agar pengoperasiannya maksimum [27]:

- a. Suhu permukaan panel surya

Sebuah sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25 derajat Celcius), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada PV sel akan melemahkan tegangan (V_{oc}). Setiap kenaikan temperatur sel surya 1 derajat Celcius (dari 25 derajat Celcius) akan mengurangi sekitar 0,4% dari total tenaga yang dihasilkan, dengan kata lain total tenaga yang dihasilkan akan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

melemah dua kali lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10°C . Makin besar temperatur sel surya, tegangan berkurang sekitar $0,0023 \text{ Volt}/^{\circ}\text{C}$ untuk teknologi *silicone crystalline* atau sekitar $0,0028 \text{ Volt}/^{\circ}\text{C}$ untuk teknologi film tipis. Daya listrik juga mengalami penurunan sampai $0,5\%/^{\circ}\text{C}$ untuk teknologi silikon *crystalline* atau sekitar $0,3\%/^{\circ}\text{C}$ untuk teknologi film tipis. Sementara tegangan mengalami penurunan, sebaliknya arus listrik menunjukkan peningkatan dengan adanya penambahan temperatur[27].

b. Radiasi sinar matahari (*Irradiance*)

Radiasi sinar matahari di bumi dan diberbagai lokasi bervariasi, dan sangat tergantung dengan keadaan spektrum solar ke bumi. *Insolation solar* matahari akan banyak berpengaruh pada arus (I) dan sedikit pada tegangan (V)[27].

c. Kecepatan angin bertiup

Hembusan angin disekitar lokasi PV *array* dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kacanya[27].

d. Keadaan atmosfer bumi

Cuaca berawan, mendung, jenis partikel debu di udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat mempengaruhi hasil maksimum arus listrik yang dihasilkan dari panel/deretan PV[27].

2.9 Building Integrated Photovoltaic (BIPV)

Bangunan terintegrasi dengan fotovoltaiik atau biasa disebut dengan *Building integrated photovoltaic* (BIPV) merupakan gabungan dari teknologi *elektrical* dari solar panel fotovoltaiik dengan konstruksi suatu bangunan, yang mana panel fotovoltaiik diletakkan di kulit terluar bangunan dengan konstruksi yang menopang pada struktur utama bangunan tersebut. Sebagai pembangkit listrik pada bangunan BIPV dapat memenuhi kebutuhan pencahayaan pada bangunan dan dapat menjadikan bangunan sebagai bangunan mandiri energi. BIPV juga dapat berfungsi sebagai isolasi termal bagi bangunan, kelebihan lain dari sistem BIPV adalah biaya awal pemasangan BIPV dapat diimbangi dengan mengurangi jumlah biaya yang dihabiskan untuk bahan bangunan dan tenaga kerja yang biasanya digunakan untuk membangun bagian bangunan yang diganti oleh modul BIPV [15].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN SUSKA RIAU.

Sebagai bagian dari bangunan BIPV memiliki keuntungan dari umur PV yang panjang kemudian sel fotovoltaik tidak menghasilkan bagian yang bergerak, tidak berisik dan tidak menimbulkan polusi pada lingkungan. BIPV dapat mengurangi biaya investasi dan perawatan dan juga dapat menghilangkan polusi udara yang besar yang disebabkan oleh bahan bakar fosil. Sebagai bangunan yang lama BIPV dapat membuat bangunan yang lama tampil lebih baru yang dapat meningkatkan daya tarik bangunan dan nilai jual bangunan. Dari segi arsitektur BIPV dapat mempercantik bangunan, memenuhi persyaratan estetika arsitektur dan dapat menghasilkan keindahan tersendiri dari bangunan dan dengan efek lingkungan hijau BIPV dapat menyediakan area yang memadai untuk sistem fotovoltaik, tidak memerlukan lahan khusus dari pada permukaan tanah [15].

2.9.1 Integrasi BIPV Pada Bangunan

1. *Facade*

Integrasi BIPV pada *Facade* atau selubung bangunan merupakan gabungan panel fotovoltaik dengan konstruksi suatu bangunan, yang mana panel fotovoltaik diletakkan di kulit bangunan bagian facade [26].



Gambar 2.6 BIPV pada facade gedung di Jerman [26]

2. *Roof*

Merupakan gabungan BIPV pada panel fotovoltaik dengan konstruksi suatu bangunan, yang mana panel fotovoltaik diletakkan di bagian atap bangunan[26].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

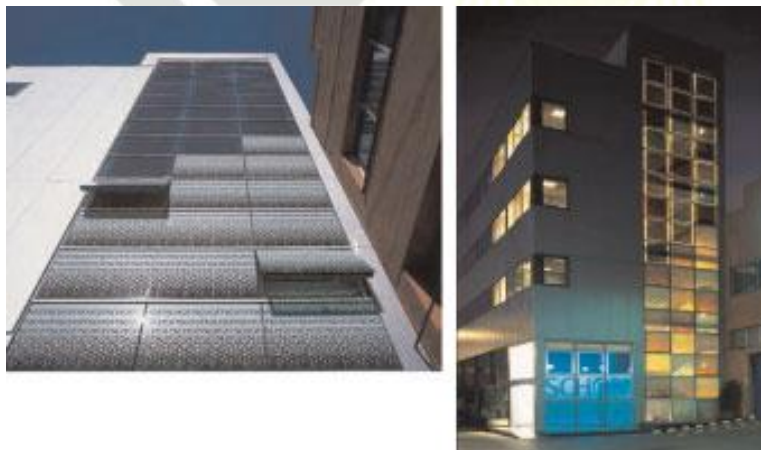
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.7 BIPV pada *roof* perumahan di Jerman [26]

3. *Windows*

Integrasi BIPV pada *windows* merupakan penggabungan dari BIPV yang dilakukan pada bagian jendela suatu bangunan untuk memaksimalkan pemanfaatan sinar matahari yang mengenai bagian jendela pada suatu bangunan [26].



Gambara 2.8 BIPV pada jendela bangunan di Jerman [26].

2.10 Bangunan Hemat Energi

Penghematan energi melalui rancangan arsitektur mengarah pada penghematan penggunaan listrik, baik bagi pendinginan udara, penerangan buatan, atau peralatan listrik lain dalam bangunan. Bagaimana arsitektur bangunan sedemikian rupa dirancang agar ruangan cukup terang tanpa banyak menggunakan lampu dan agar udara dalam ruang dapat sejuk tanpa bantuan mesin AC. Bagaimana penerangan dan pendinginan udara dapat

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dilakukan secara alamiah tanpa menggantungkan peralatan listrik yang konsumtif terhadap energi yang bersumber dari BBM. Dengan strategi perancangan tertentu, bangunan dapat memodifikasi iklim luar yang tidak nyaman menjadi iklim ruang yang nyaman tanpa banyak mengonsumsi energi listrik yang bersumber dari BBM. Kebutuhan energi perkapita dan nasional dapat ditekan jika secara nasional bangunan dirancang dengan konsep hemat energi [28].

Pengertian bangunan hemat energi lebih merujuk pada penghematan energi yang tidak terbarukan. Penghematan ini dapat berupa penekanan penggunaan energi (listrik) yang bersumber dari BBM, atau menggunakan energi listrik non-BBM dan tergolong sebagai sumber energi terbarukan seperti halnya solar sel [28].

Perancangan arsitektur hemat energi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara pasif dan aktif. Perancangan pasif merupakan salah satu cara penghematan penggunaan energi melalui pemanfaatan energi matahari secara pasif tanpa mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Rancangan pasif lebih mengandalkan kemampuan arsitek, bagaimana agar rancangan bangunan mampu dengan sendirinya ‘memodifikasi’ kondisi iklim luar yang tidak nyaman menjadi ruang di dalam bangunan yang nyaman [28].

2.11 Persamaan Matematika BIPV

Berdasarkan pemodelan yang dilakukan oleh penelitian [17], persamaan yang mengatur untuk konservasi massa, kekekalan momentum, konservasi energi, persamaan transportasi energi kinetik yang turbulen dan persamaan disipasi energi yang berulang diperoleh sebagai berikut:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) = 0 \quad (2.4)$$

Persamaan konservasi momentum-X

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho uu) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho uv) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu \frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu \frac{\partial u}{\partial y}\right) \quad (2.5)$$

Persamaan konservasi momentum-Y

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho uv) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho vv) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \rho g \beta (T - T_{ref}) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu \frac{\partial v}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu \frac{\partial v}{\partial y}\right) \quad (2.6)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Persamaan konservasi energi

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u T) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v T) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{K}{c_p} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{K}{c_p} \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad (2.7)$$

Persamaan dari transportasi energi kinetik

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu \frac{\mu_t}{\mu_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (2.8)$$

Persamaan disipasi energi turbulen

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \varepsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \rho C_1 S \varepsilon - \rho C_2 \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{v \varepsilon}} + C_1 \frac{\varepsilon}{k} C_{3\varepsilon} G_b + S_\varepsilon \quad (2.9)$$

Dimana

$$C_1 = \max \left[0,43 \frac{\eta}{\eta+5} \right], \quad \eta = S \frac{k}{\varepsilon} \quad (2.10)$$

$$C_{1\varepsilon} = 1.44, \quad C_2 = 1.9, \quad \sigma_k = 1.0, \quad \sigma_\varepsilon = 1.2$$

Dimana:

K = konduktivitas termal udara ($W / m^\circ C$)

ρ = massa jenis (kg/m^3)

u = kecepatan udara di arah x (m/s)

v = kecepatan udara di arah y (m/s)

g = gravitasi ($10 m/s^2$)

ε = emisifitas

k = energi kinetik turbulen PV

x = arah horizontal aliran rongga udara

y = arah vertikal aliran rongga udara

C = *SpesificHeat* ($J / kg^\circ C$)

2.12 Menghitung Efisiensi Modul PV

Efisiensi pada modul PV sangat penting untuk diperhitungkan karena semakin tinggi efisiensi pada modul maka daya listrik yang dihasilkan akan semakin tinggi. Efisiensi listrik pada sel PV dapat diberikan oleh persamaan di bawah ini sebagai fungsi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dari efisiensi pada, suhu lingkungan, PV referensi efisiensi sel, suhu sel PV, dan sel PV termal koefisien [29].

$$\eta_{pv} = \eta_{ref} [1 - \beta_{ref} (T_{pv} - T_{ref})] \quad (2.11)$$

Dimana :

η_{pv} = Efisiensi PV

η_{ref} = Efisiensi PV *Polcrystalline*

β_{ref} = *Thermal PV Polcrystalline*

T_{pv} = Temperatur PV

T_{ref} = Temperatur Lingkungan/ Masuk

2.13 Analisis Teknis

2.13.1 Menghitung Area Array

Area Array merupakan luasan dari jumlah sel surya yang akan dibangkitkan. Pada penelitian ini peneliti menggunakan perangkat lunak *sketchup* untuk menghitung jumlah PV pada masing-masing orientasi sehingga gambaran pemasangan sistem lebih jelas dan jumlah PV yang dibutuhkan setiap orientasi lebih akurat.

2.13.2 Daya Listrik Yang Dibangkitkan BIPV

Untuk mengetahui berapa nilai daya sesaat yang dihasilkan, harus lebih dulu mengetahui daya yang diterima (daya input), dimana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area modul PV dengan persamaan [44]

$$Energy\ Yield = I \times P_{max} \times Losses \quad (2.12)$$

Dengan:

Energy Yield = Keluaran energi dari PV array (Wh)

I = Intensitas radiasi matahari (1PSH=1kWh/m²)

P_{max} = Output daya dari nilai modul STC (w_p)

$\eta_{setelah\ losses}$ = Total kerugian diterjemahkan kedalam efisiensi (%)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.14 Analisis Ekonomi BIPV

Pada perhitungan ekonomi sistem BIPV ini terdapat beberapa indikator yang akan benefit hitung yaitu perhitungan *Life-Cycle Cost* (LCC) dan perhitungan analisis finansial. Perhitungan LCC terdiri dari perhitungan biaya investasi awal, biaya operasional dan biaya penggantian komponen sedangkan Perhitungan analisis finansial terdiri dari analisis *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR) dan *Payback Periode* (PP)[32].

2.14.1 Life Cycle Cost Analysis (LCCA)

Pada analisis *Life Cycle Cost*, semua biaya sekarang dan di masa depan berhubungan dengan sistem BIPV yang dibangun. Biaya tersebut dijumlahkan selama sistem BIPV bekerja, namun biaya tersebut tidak hanya energi yang dihasilkan, pemasangan, operasi dan perawatan,, perbaikan, biaya pekerja, inflasi dan laju diskon selama investasi. Perbandingan antara *Life Cycle Cost* dengan alternatif menentukan sebuah sistem memiliki biaya yang efektif atau tidak [32]. Untuk menghitung *Life-Cycle Cost* digunakan persamaan seperti pada (2.13).

$$\text{Life Cycle Cost} = S + O\&M + R \quad (2.13)$$

Dimana =

LCC = *Life Cycle Cost*

S = Biaya investasi awal

O&M = Biaya Operasional dan *maintenance*

R = Biaya penggantian komponen

Biaya O&M yang dikeluarkan selama periode hidup proyek, akan berbeda dari tahun ke tahun. Untuk menghitung biaya O&M yang sesuai dengan laju bunga Bank Indonesia, digunakan perhitungan sebagai berikut [32].

UIN SUSKA RIAU

$$O\&M_p = O\&M \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (2.14)$$

Dimana =

$O\&M_p$ = Biaya *Present Value* O&M

O&M = Biaya O&M per tahun

n = Lama *life time* proyek

i = Tingkat bunga bank

Untuk tingkat Bunga Bank yang digunakan diambil dari aturan yang telah ditetapkan oleh Bank Indonesia tahun 2019 yaitu sebesar 5% [33].

2.14.2 Power Wort Factor (PWF)

PWF adalah metode perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai dari seluruh biaya pemeliharaan tahunan selama sistem digunakan pada tahun ke sekian dengan menggunakan persamaan 2.15.

$$FWF = \frac{1}{(1+r)^n} \quad (2.15)$$

Dimana =

r = Tingkat bunga bank

n = Jumlah tahun

2.14.3 Cash Flow

Pemilikan dan pengoperasian sebuah peralatan akan menimbulkan penerimaan-penerimaan *cash* (pendapatan-pendapatan) dan *cash* (pengeluaran-pengeluaran). Pendapatan – pendapatan dan penerimaan-penerimaan *cash* disebut dengan *cash flow benefit* dan biaya-biaya atau pengeluaran *cash* disebut dengan *cash flow cost* [32].

1. Cash Flow Benefit (CFB)

CFC didapatkan dari pelayanan-pelayanan yang disumbangkan peralatan selama umur pelayanannya dan dari penjualan pada akhir pelayanannya. Perhitungan nilai CFB menggunakan rumus (2.16):

$$CFB = \sum_{t=0}^n Cost (1 + 0,05) \quad (2.16)$$

2. Cash Flow Cost (CFC)

CFC adalah biaya-biaya yang timbul, ada yang terjadi hanya sekali atau tidak berulang (*nonrecurring*) selama umur peralatan dan ada yang berulang selama

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

umurnya untuk mengoperasikan dan memeliharanya. Untuk menghitung CFC digunakan rumus (2.17):

$$CFC = \sum_{t=0}^n \text{investasi} - PWF \quad (2.17)$$

2.14.4 Net Present Value (NPV)

NPV adalah metode yang digunakan untuk menghitung nilai bersih pada waktu sekarang. Perhitungan dengan metode ini terdiri dari *Cash Flow Benefit* (CFB) dan *Cash Flow Cost* (CFC) [34]. Adapun perhitungan NPV menggunakan rumus 2.18 berikut:

$$NPV = \sum_{t=0}^n CFB - CFC \quad (2.18)$$

2.14.5 Internal Rate of Return (IRR)

IRR adalah besarnya tingkat keuntungan yang digunakan untuk melunasi jumlah uang yang dipinjam agar tercapai keseimbangan ke arah nol dengan pertimbangan keuntungan. IRR ditunjukkan dalam bentuk % periode dan biasanya bernilai positif ($I > 0$) [34]. Untuk menghitung IRR dapat menggunakan persamaan (2.19).

$$IRR = i_1 + \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \times (i_2 - i_1), \quad (2.19)$$

Dimana :

IRR = *internal rate of return* (%)

NPV₁ = net present value dengan tingkat bunga rendah

NPV₂ = net present value dengan tingkat bunga tinggi

i₁ = tingkat bunga pertama (%)

i₂ = tingkat bunga kedua (%)

2.14.6 Payback Period

Payback period adalah waktu yang dibutuhkan agar investasi yang telah dikeluarkan kembali kepada investor. Perhitungan *payback period* dilakukan untuk mengetahui risiko keuangan terhadap proyek yang akan dilakukan. Nilai *payback period* yang semakin kecil akan semakin baik, dengan faktor risiko terhadap pengembalian modal akan semakin cepat dalam waktu yang cepat. Dalam menghitung *payback period* biasa disebut metode *payback* dengan membagi modal awal yang dikeluarkan dengan pendapatan yang diterima oleh pemodal selama setahun [34]. Adapun kekurangan dalam menggunakan *payback period* dalam menghitung efektivitas investasi tetap kekurangan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

yang mana *payback period* tidak menghitung keuntungan dari hasil investasinya dan tidak bisa membandingkan 2 buah proyek yang dibuat.

Untuk perhitungan *payback period* menggunakan persamaan 2.20.

$$T = \frac{C}{S} \quad (2.20)$$

Dimana:

- T = Periode dana kembali, selama 1 tahun
 C = Biaya modal awal bersih BIPV (biaya sistem dan kredit telah dikurangi)
 S = Biaya energi listrik yang terjual

2.15 Metode Penyelesaian Persamaan Matematika

1. Numerik

Metode numerik adalah teknik yang digunakan untuk memformulasikan persoalan matematika sehingga dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan/aritmatika biasa (tambah, kurang, kali, dan bagi). Metode artinya cara sedangkan numerik artinya angka. Jadi metode numerik secara harafiah berarti cara berhitung dengan menggunakan angka-angka [35].

2. Analitik

Metode analitik adalah metode penyelesaian model matematika dengan rumus-rumus aljabar yang sudah baku (lazim). Metode analitik yang biasanya menghasilkan solusidalam bentuk fungsi matematik yang selanjutnya fungsi matematik tersebut dapatdievaluasi untuk menghasilkan nilai dalam bentuk angka. Kelebihan dari metode ini adalah nilai yang dihasilkan adalah nilai sesungguhnya. Akan tetapi metode ini dalam tahap penyelesaiannya memerlukan waktu dan tidak sepenuhnya dapat menyelesaikan permasalahan [36].

3. Eksperimen

Metode eksperimen adalah suatu penelitian ilmiah dimana peneliti memanipulasi dan mengontrol satu atau lebih variabel bebas dan melakukan pengamatan terhadap variabel-variabel terikat untuk menemukan variasi yang muncul bersamaan dengan manipulasi terhadap variabel bebas tersebut [35].

Kelebihan dari metode ini adalah dengan memasukkan responden sebagai subjek kedalam kelompok eksperimen dan kontrol. kelompok eksperimen yang dimaksud adalah kelompok subjek yang akan dikenai perlakuan (*treatment*).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Sedangkan perlakuan (*treatment*) disini adalah mengenakan (exposed) variabel bebas yang sudah dimanipulasi kepada kelompok eksperimen. Sedangkan untuk kelompok tidak dikenai perlakuan. Metode ini membandingkan eksperimen yang dimanipulasi dengan kelompok kontrol yang tidak dimanipulasi. Dan pengaruh hubungan sebab akibat antara variabel independen dengan variabel dependen diperoleh dari selisih skor observasi masing-masing kelompok tersebut [35].

2.16 Simulasi

2.16.1 Pengertian Simulasi

Menurut pendefinisian pada berbagai kamus, kata simulasi diartikan sebagai cara mereproduksi kondisi dari suatu keberadaan dengan menggunakan model dalam rangka studi pengenalan atau pengujian atau pelatihan dan yang sejenis lainnya. Simulasi dalam bentuk pengolahan data merupakan imitasi dari proses dan input ril yang menghasilkan data output sebagai gambaran karakteristik operasional dan keadaan pada sistem [37]. Dengan simulasi kita akan mendapatkan gambaran dari suatu sistem yang ingin kita buat sehingga tidak akan terjadi kegagalan dalam penerapannya dan biaya dari sistem tersebut bisa kita perhitungkan sebagaimana diperlukan dalam pengaplikasiannya.

2.16.2 Jenis-Jenis Simulasi

Adapun jenis-jenis simulasi berdasarkan perangkat keras yang digunakan yaitu [38]:

- 1 Simulasi Analog, yaitu simulasi yang implementasinya menggunakan rangkaian perangkat elektronika analog. Seperti Opam (Operasional Amplifier) untuk integrasi, perbandingan, pembalik, penjumlahan, dan lainnya.
- 2 Simulasi Digital, yaitu simulasi yang implementasinya menggunakan komputer digital.
- 3 Simulasi *Hybrid*, yaitu gabungan dari simulasi analog dan digital.

2.16.3 Kelebihan Dan Kekurangan Dari Simulasi Yaitu [39]:

- 1 Mempelajari interaksi internal (sub) sistem yang kompleks
 - 2 Mengamati sifat model dan hasil keluaran akibat perubahan lingkungan luar atau variabel internal
 - 3 Meningkatkan kinerja sistem melalui pembangunan/pembentukan model
- Kekurangan dari simulasi yaitu:
- 4 Masalah hanya dapat diselesaikan dengan metode sederhana
 - 5 Masalah hanya dapat diselesaikan secara analitik

6. Eksperimen langsung lebih mudah digunakan
7. Biaya terlalu mahal
8. Sumber daya atau waktu tidak tersedia
9. Tidak ada data yang tersedia
10. Sistem terlalu kompleks atau tidak dapat didefinisikan

2.17 Comsol Multiphysics

Comsol Multiphysics 5.3a merupakan piranti interaktif untuk pemodelan dan pemecahan dari semua jenis masalah sains dan teknik berdasarkan pada persamaan differensial parsial (PDEs). Dengan *software* ini anda dapat dengan mudah memperluas model konvensional untuk salah satu tipe ilmu fisika menjadi model-model multi-fisika yang dapat memecahkan gabungan fenomena fisika dan menyelesaikannya secara bersamaan [40].

Menggunakan piranti *Comsol Multiphysics* 5.3a tidak memerlukan pengetahuan yang mendalam mengenai matematika dan analisis numerik. Berkat mode-mode fisika tersebut sangat memungkinkan membangun model dengan mendefinisikan jumlah fisik yang relevan seperti sifat material, beban, kendala, sumber dan fluks berbanding dengan mendefinisikan persamaan-persamaan matematikanya. Anda dapat menerapkan variabel, lambang atau nomor secara langsung ke bidang, batas, tepi dan titik dengan bebas pada jaringan komputansi. *Comsol Multiphysics* 5.3a kemudian secara internal menyusun seperangkat PDEs mewakili keseluruhan model. Anda akan dapat mengakses kekuatan dari *comsol Multiphysics* sebagai produk mandiri melalui antarmuka pengguna grafis yang fleksibel atau dengan pemrograman tulisan didalam bahasa tulisan *Comsol Multiphysics* 5.3a atau dalam bahasa *MATLAB* [40]

2.18 SketcUp

SketcUp adalah sebuah perangkat lunak desain grafis yang dikembangkan oleh Trimble. Pendesain grafis ini dapat digunakan untuk membuat berbagai jenis model, mulai dari model arsitektur, perangkat elektronik, mesin-mesin motor dan perancangan kebutuhan model 3D. *SketcUp* memiliki antarmuka *intercace* yang menarik dan mudah digunakan oleh golongan pemula sekalipun. Banyak *open source* dan *plugin* yang mendukung kinerja *SketcUp* dan juga terdapat fitur *infort file* keektensi seperti 3ds, dwg, pdf, jpg apalagi ukuran dari aplikasi *SketcUp* yang ringan dan muda dijalankan komputer dengan spek rendah sekalipun [42].

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit Universitas Riau. RS Universitas Riau terletak di Jalan HR. Soebrantas KM 12.5, Simpang Baru, Panam, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru dengan luas sebesar 1519 m². Gedung RS UNRI memiliki banyak ruangan diantaranya R. Dokter, R. Server, R. Bendahara/keuangan, R. Dokter/ Adm Umum, R. Komite/Perpustakaan, Aula/R. Serbaguna, R. Adm Umum, R. Keuangan, R. Staf TU, Ruang Direktur, Kamar Perawat, Kamar Perawat Pria, Aula, R. Adm Umum Lama, R. Keuangan Lama, R. Server dan Gudang. Ruangan yang banyak ini dilengkapi dengan peralatan listrik utama seperti lampu untuk penerangan, Lift untuk naik ke lantai atas, peralatan-peralatan rumah sakit, *air conditioner* (AC) untuk kenyamanan suhu ruangan, perangkat komputer untuk tenaga usaha Rumah Sakit serta peralatan listrik lainnya [13].

Pada penelitian ini peneliti memilih gedung RS Universitas Riau untuk dipasang BIPV karena gedung ini merupakan gedung yang paling banyak mengkonsumsi energi listrik setelah gedung Rektorat UNRI. Gedung RS Universitas Riau sendiri memiliki selubung bangunan dengan material terdiri dari *panasap green glass*, bata ringan dengan plaster dan dilapisi *aluminium composite panel* dan pada bagian atap ditutup dengan *metal roof*. Adapun luas dari dinding RS Universitas Riau pada bagian depan atau sebelah utara yaitu sebesar 498,525 m², pada bagian belakang atau sebelah timur yaitu 498,525 m² sedangkan pada bagian samping atau bagian utara yaitu sebesar 1.039,95 m² dan sebelah selatan yaitu 1.075,2 m² [16].

Selubung bangunan biasanya menjadi salah satu tempat perpindahan panas. Panas ini dapat dipengaruhi oleh material selubung bangunan, warna cat dinding bangunan, arah hadap bangunan, vegetasi lingkungan sekitar bangunan serta faktor radiasi matahari. Perpindahan panas ini mempengaruhi suhu ruangan sehingga membuat ruangan menjadi lebih panas dan memerlukan perlakuan khusus.

Setiap bulannya RS Universitas Riau mengeluarkan biaya untuk konsumsi energi listrik sebesar Rp. 26.079.000 – Rp. 32.073.000 dan sebesar Rp. 353.480.400 setiap tahunnya. Untuk biaya listrik RS Universitas, pengeluaran biaya konsumsi energi listrik di RS Universitas Riau tergolong besar [14].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dilihat dari pengeluaran biaya konsumsi energi listrik dan keadaan penggunaan energi di RS Universitas Riau, perlu dilakukan pemasangan suatu sistem yang sesuai dengan keadaan RS Universitas Riau saat ini.

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dari tahap perencanaan kemudian mengidentifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan, jadwal penelitian dan menentukan tahap perencanaan. Tahap selanjutnya yaitu mencari studi literatur yang berhubungan dengan BIPV baik dari buku, jurnal dan semua yang berkaitan dengan penelitian ini. Langkah selanjutnya dilakukan pengumpulan data sehingga dari data tersebut simulasi sistem BIPV bisa dilakukan, diantara data yang diperlukan adalah data radiasi matahari, temperatur, kecepatan angin, pressure, material bangunan dan data lapisan sel PV.

Setelah data-data tersebut didapatkan selanjutnya dilakukan analisis temperatur BIPV menggunakan penelitian [17] sebagai standar untuk menghitung temperatur sel PV, efisiensi sel PV dan daya listrik yang dihasilkan oleh modul PV dengan menggunakan perangkat lunak *comsol multiphysics 5.3a*. Pada aplikasi *comsol* peneliti akan memasukkan data-data berupa luas dinding bangunan, data radiasi matahari, kecepatan angin, temperatur dan tekanan yang peneliti ambil dari BPS [11].

Setelah analisis temperatur BIPV didapatkan peneliti akan menghitung aspek teknis dan ekonomis. Aspek teknis pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran luas selubung bangunan sehingga dari luas selubung bangunan tersebut akan diketahui berapa jumlah modul surya yang akan digunakan untuk diletakkan pada selubung bangunan tersebut sehingga dari jumlah modul yang digunakan akan diketahui berapa watt daya listrik yang dihasilkan dengan terlebih dahulu melakukan perhitungan temperatur sel PV yang dipasang setelah dilakukan instalasi. Setelah temperatur sel PV diketahui baru bisa dihitung efisiensi yang dihasilkan oleh PV tersebut dan akan bisa dihitung berapa potensi/produksi listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik BIPV. Analisis perhitungan ekonomi BIPV akan dilakukan dengan menghitung siklus hidup (LCC), menganalisis proyek *Net Present Value* (NPV), menghitung *Internal Rate of Return* (IRR) dan menghitung *payback period* (PP).

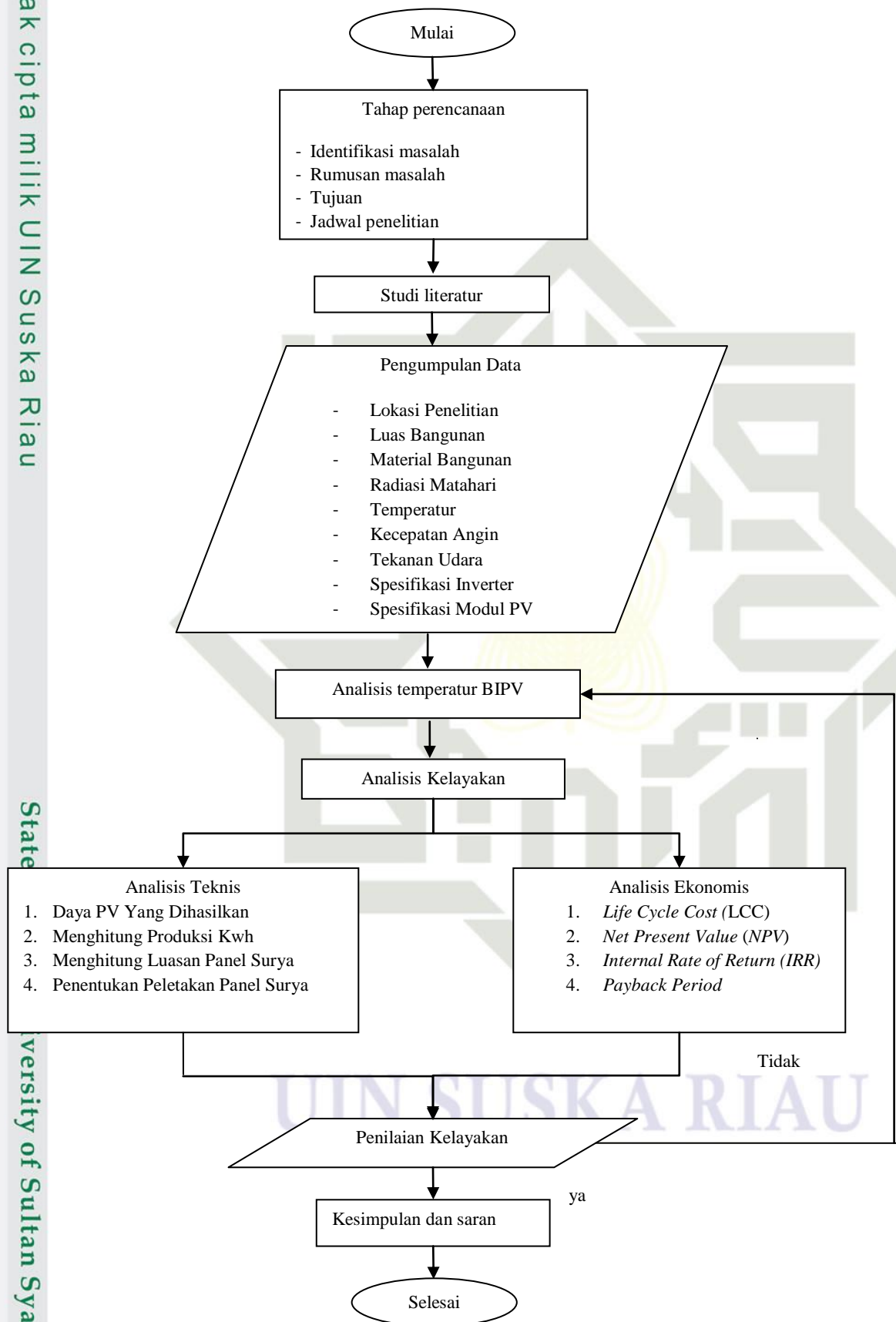
Berdasarkan penjabaran diatas maka dalam penelitian ini peneliti membuat skema langkah kerja berupa diagram alir, skema ini dibuat agar penelitian dapat dilakukan dengan lebih terarah dan lebih jelas. Adapun langkah-langkah yang akan ditempuh dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Flow Chart Penelitian

3.3 Tahap Perencanaan

3.3.1 Identifikasi Masalah

Bangunan gedung RS UNRI mengkonsumsi energi listrik yang sangat boros karena termasuk kedalam kategori bangunan paling banyak mengkonsumsi energi listrik setelah gedung rektorat UNRI yang mana konsumsi energi listrik rata-rata setiap harinya sebesar 682 kWh [14]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti [13] didapatkan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) untuk ruangan tidak ber-AC pada Rumah Sakit Universitas Riau dikategorikan sangat boros yaitu sebesar 6,1 kWh/m²/bulan. Penggunaan listrik pada RS UNRI lebih banyak difokuskan pada peralatan listrik yang sering digunakan seperti pendingin ruangan (AC) dan pencahayaan ruangan. Oleh karena itu diperlukan alternatif untuk beralih kepada energi terbarukan salah satunya yaitu dengan pemasangan sistem BIPV pada bangunan gedung RS UNRI.

Building Integrated Photovoltaic (BIPV) adalah suatu integrasi antara bangunan dengan sel photovoltaik yang dirancang pada selubung bangunan sehingga tercapai bentuk konstruksi bangunan yang diinginkan dan terlihat lebih baik dari sebelumnya, selain menambah kesan arsitektur pada bangunan juga menjadi sumber energi bagi bangunan tersebut. Pada studi kasus gedung RS UNRI BIPV akan diintegrasikan pada selubung bangunan bagian dinding sehingga akan dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dan bisa mengurangi pemakaian listrik yang berlebihan pada bangunan [15].

3.3.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menganalisis potensi pembangkit BIPV pada dinding bangunan RS Universitas Riau, bagaimana menganalisis kelayakan aspek teknis pembangkit listrik BIPV pada bangunan Rumah Sakit Universitas Riau, bagaimana menganalisis kelayakan aspek ekonomis pembangkit listrik BIPV pada bangunan Rumah Sakit Universitas Riau yang mencakup biaya siklus hidup (LCC), *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)* dan *payback period (PP)*.

3.3.3 Tujuan

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis profil aliran temperatur sel PV pada bangunan Rumah Sakit Universitas Riau, untuk menganalisis profil aliran kecepatan fluida sel PV pada bangunan Rumah Sakit Universitas Riau, untuk menganalisis kelayakan aspek teknis pembangkit listrik BIPV pada gedung Rumah Sakit Universitas Riau, dan untuk menganalisis kelayakan aspek ekonomis pembangkit listrik BIPV pada gedung Rumah Sakit Universitas Riau.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur memiliki peranan yang penting dalam suatu penelitian karena dapat dimanfaatkan sebagai landasan logika berfikir dalam menyelesaikan masalah secara ilmiah. Pada pelaksanaan penelitian ini penulis melakukan pengumpulan beberapa data-data penelitian yang berasal dari buku, artikel dan jurnal-jurnal untuk dilakukan *literature review* baik nasional maupun internasional dan sebagai pendukung untuk memecahkan permasalahan topik yang akan diteliti.

3.5 Pengumpulan Data

Adapun jenis data yang peneliti gunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang sudah ada sehingga langsung bisa di akses misalnya data yang peneliti ambil dari jurnal dan sebagainya. Adapun data-data yang peneliti gunakan adalah sebagai berikut :

3.5.1 Data Sekunder

1. Data material bangunan

Data luas dinding bangunan ini peneliti dapatkan dari buku arsitektur bangunan Rumah Sakit Universitas Riau [16]. Adapun data yang diambil dari buku arsitektur Rumah Sakit Universitas Riau adalah data luas rumah sakit, data luas dinding, data ketebalan dinding bangunan, data ketinggian bangunan, dan data material bangunan.

2. Data konsumsi listrik

Data konsumsi listrik pada gedung Rumah Sakit Universitas Riau peneliti ambil dari wawancara dengan bapak Atur selaku bagian informasi RS UNRI dari situ peneliti diarahkan untuk mengambil data mentahnya dari bapak Indra selaku ketua bagian rupiah murni di gedung rektorat Universitas Riau Lantai 2. Adapun data yang peneliti ambil yaitu data konsumsi listrik Rumah Sakit Universitas Riau dari 3 bulan terakhir yaitu data bulan Juni, Juli dan Agustus 2019 [14]. Untuk konsumsi energi listrik perlantainya, RS UNRI mengkonsumsi listrik dengan rincian untuk lantai dasar mengkonsumsi energi listrik rata-rata sebesar 255,002 kWh, lantai 1 sebesar 145,286 kWh, lantai 2 sebesar 148,496 kWh dan lantai 3 sebesar 133,216 kWh setiap harinya [13].

3 Data dari situs online

Adapun data yang peneliti ambil secara online yaitu data dari Jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penelitian yang peneliti lakukan kemudian peneliti mengambil data dari Nasa Powerseperti data radiasi matahari, temperatur, kecepatan angin dan *pressure*.

3.6 Analisis Temperatur BIPV

Pada penelitian ini peneliti menggunakan standar pada penelitian [17] yang berjudul *numerical and experimental study of heat transfer in a bipv thermal syistem*.

Analisis temperatur BIPV atau *assesment resource* yang akan dianalisis adalah dengan menentukan terlebih dahulu jenis sel PV yang digunakan yang mana disini peneliti menggunakan jenis PV *polycrystalline* karena jenis PV *polycrystalline* sangat baik efisiensinya saat cuaca mendung dan menghindari penurunan tegangan yang berlebihan karena perubahan cuaca. Peneliti mencari data-data properties yang ada pada material dinding RS Universitas Riau berupa data konduktivitas dan densitas setelah itu peneliti mencari data-data radiasi matahari, kecepatan angin, temperatur dan tekanan udara dan menghitung temperatur pada BIPV dengan menginputkan data-data diatas pada aplikasi *comsol*.

Setelah temperatur sel PV didapatkan peneliti akan menghitung efisiensi pada sel PV dengan menggunakan persamaan (2.11) dan menghitung daya listrik yang dihasilkan oleh sel PV dengan menggunakan persamaan (2.12).

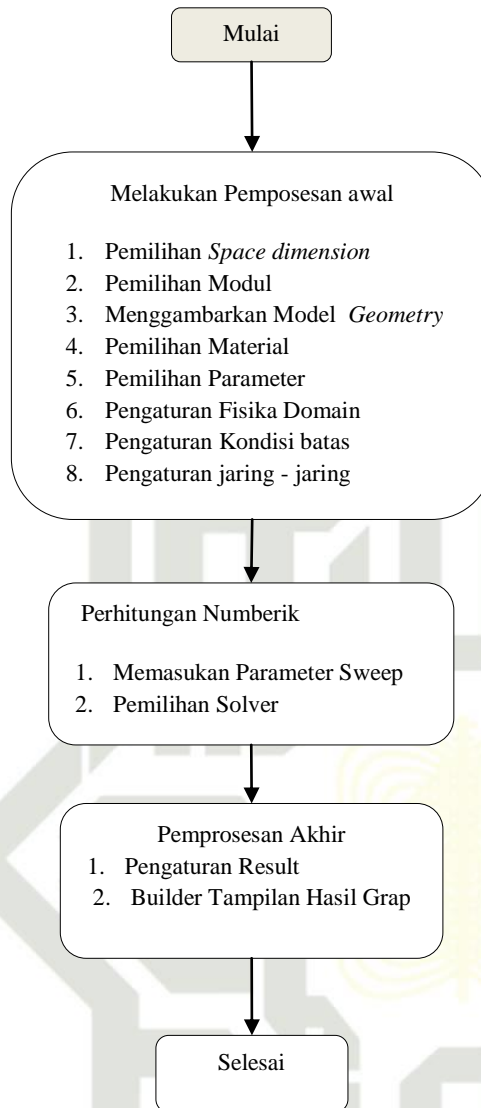
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.2 *flowchart* simulasi

3.7 Konsep Model Sistem BIPV

3.7.1 Pemilihan *Space Dimension*

Pada space dimensi sendiri disini peneliti menggunakan model 2 dimensi untuk melakukan simulasinya.

3.7.2 *Input parameter*

Input parameter disini adalah parameter yang berkaitan dengan simulasi yang akan dilakukan pada comsol contoh parameter yang diinputkan disini yaitu radiasi matahari, temperatur, tekanan udara dan kecepatan angin.

3.7.3 Pemilihan modul

Pemilihan modul yang digunakan disini yaitu turbulen, *heat transfer in fluid* dan *heat transfer in solid*.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.7.4 Menggambarkan Geometri

Model sistem BIPV dengan dinding bata dengan lapisan plaster ditambah lapisan *aluminium composite panel*. Pada gambar 3.2 peneliti memodifikasi material bangunanya seperti yang terlihat pada gambar dinding yang digunakan adalah dinding batah dan ditambah dengan lapisan plaster dan diluar bangunan dilapisi oleh *aluminium composite panel*. Pada gambar panel PV dibawah peneliti menambahkan lapisan *thermal paste* dan lapisan paling depan dari PV peneliti menambahkan lapisan *ethylene vynil acetate (EVA) film*. Dari penambahan beberapa jenis material yang berbeda tersebut kemudian akan dihitung nilai dari panas yang diakibatkan oleh matahari yang masuk kedalam ruangan, nilai panas tersebut akan didapatkan setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan berbagai macam material tersebut.

3.7.5 Pemilihan mesh

Pemilihan *mesh* sangat penting dilakukan karena pada menu pemilihan mesh ini akan bisa dijalankan atau di *running* hasil dari langkah-langkah dalam menjalankan simulasi ini.

3.8 Simulasi

Adapun tahapan simulasi pada *piranti comsol 5.3 a* dapat dilihat pada keterangan dibawah ini:

3.8.1 Melakukan Pemrosesan Awal

Gambar 3.3 merupakan suatu diagram alir proses simulasi langkah-langkah memulai pemodelan sistem BIPV. Pada alur diagram simulasi memilki beberapa proses tahap yang harus di tempu dalam penelitian ini, diantaranya:

1. Melakukan simulasi



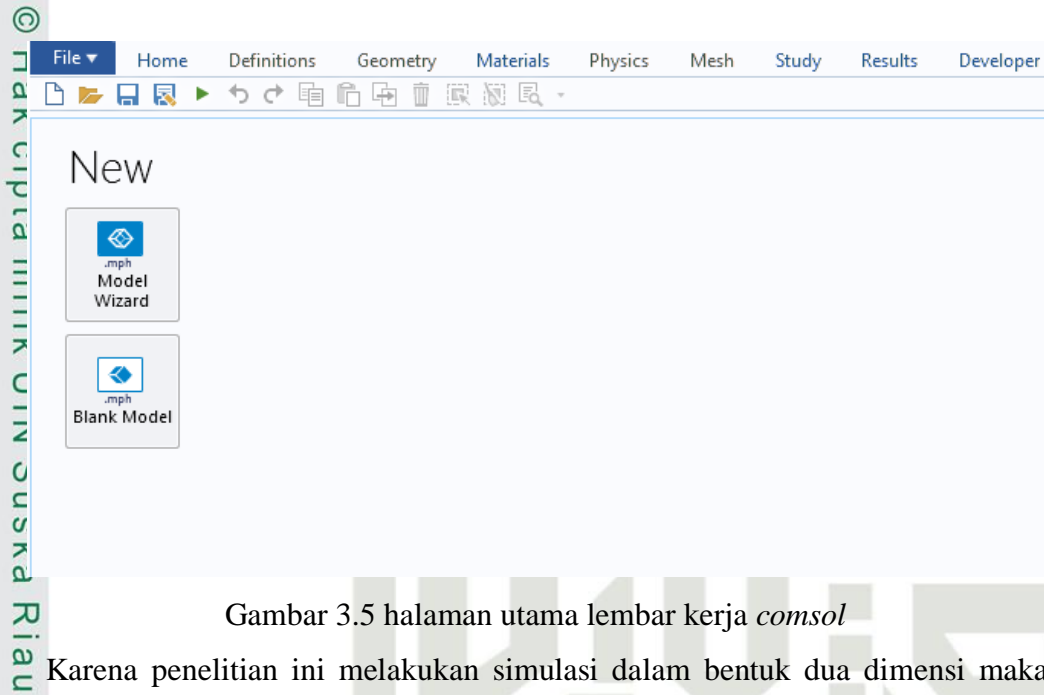
Gambar 3.4 Ikon *comsol multifisics 5.3a*

Klik icon *comsol* pada halaman utama komputer untuk membuka halaman utama lembar pengaturan aplikasi *comsol 5.3a*

2. Memilih *model wizard*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

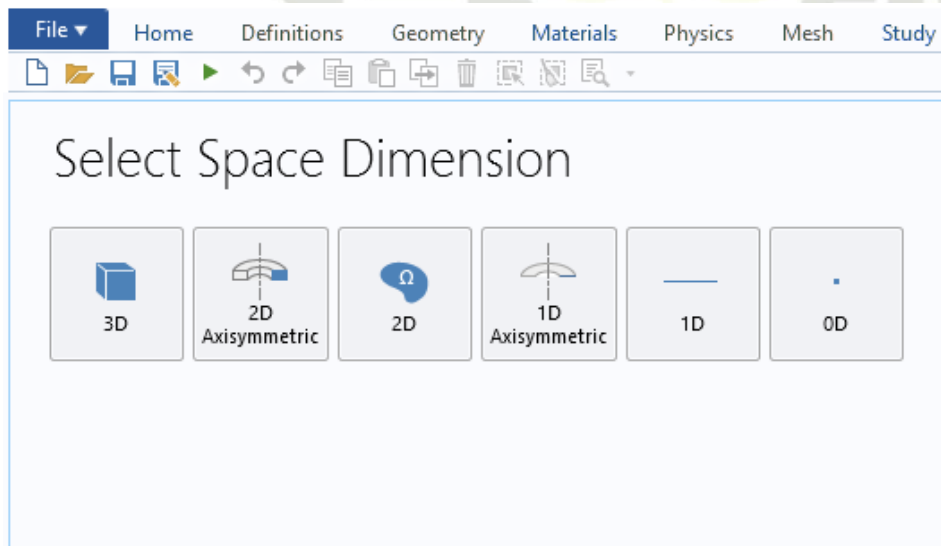
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.5 halaman utama lembar kerja *comsol*

Karena penelitian ini melakukan simulasi dalam bentuk dua dimensi maka pilih *model wizard* agar memberikan rekomendasi menuju pengaturan dua dimensi.

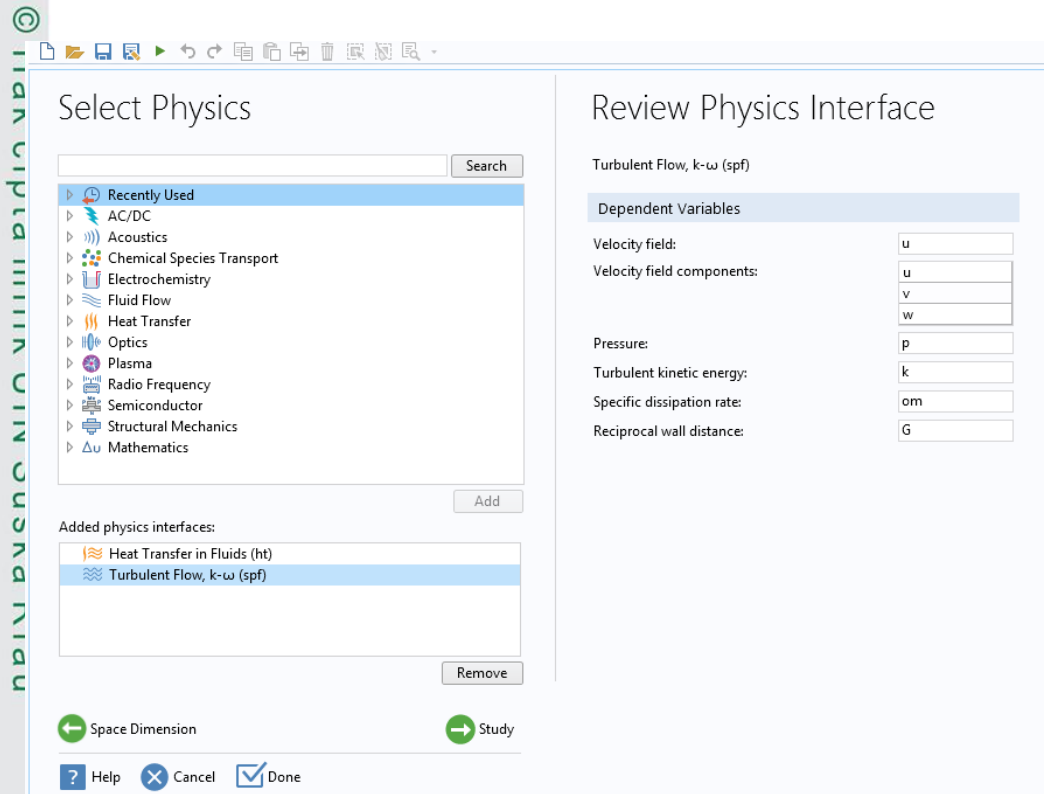
3. Memilih *space dimension*



Gambar 3.6 pemilihan *space dimension*

Pada gambar 3.6 ada 6 model yang bisa dipilih, pada penelitian ini menggunakan model dua dimensi, maka pada tampilan gambar 3.6 klik 2D.

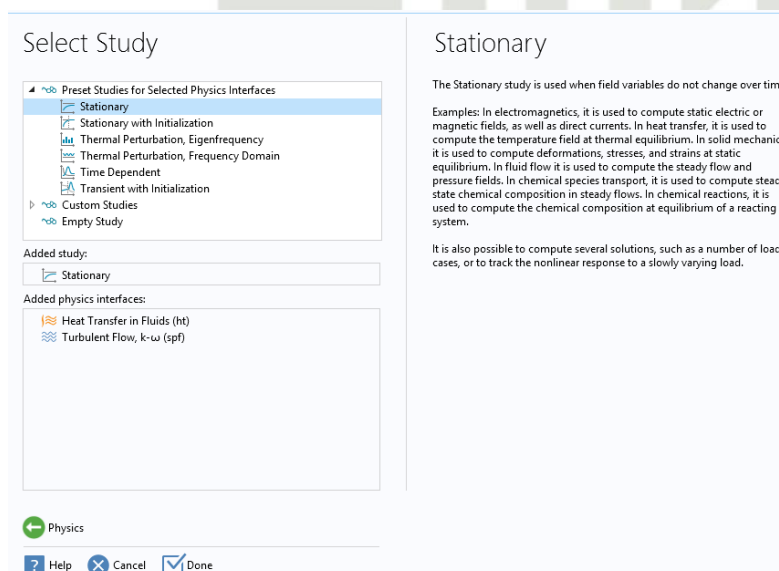
4. Menentukan *select physics*



Gambar 3.7 Tampilan *select physics*

Setelah mengklik model 2D maka akan muncul tampilan seperti gambar 3.7, pada gambar 3.7 pilih *heat transfer in fluids* kemudian klik *add* untuk menambahkan kemudian pilih *turbulen flow* lalu klik *add* selanjutnya klik *study* maka akan mengarahkan ke gambar 3.8.

5. Memilih *stationary*



Gambar 3.8 tampilan *select study* untuk memilih *stationary*

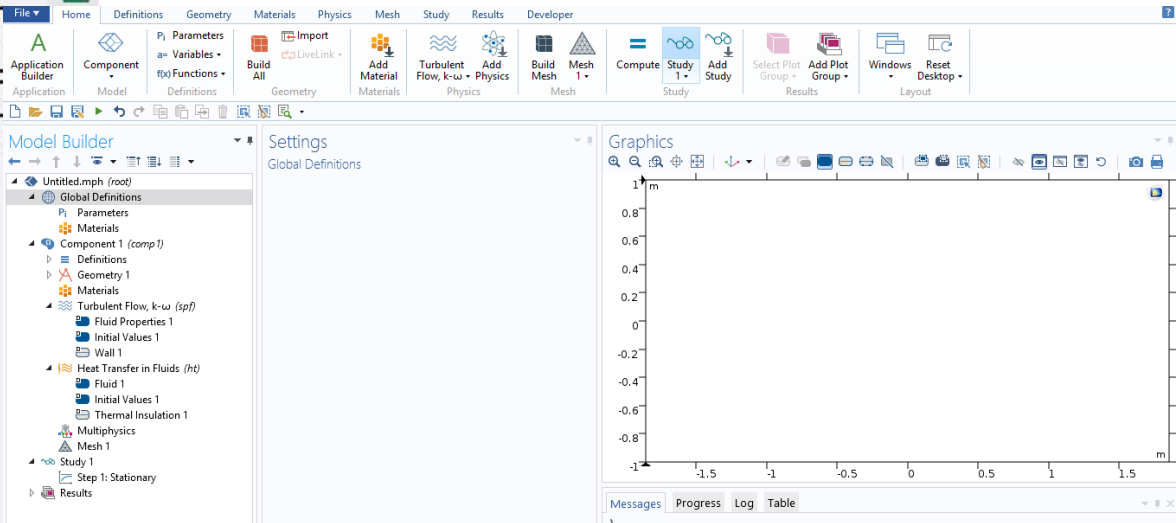
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

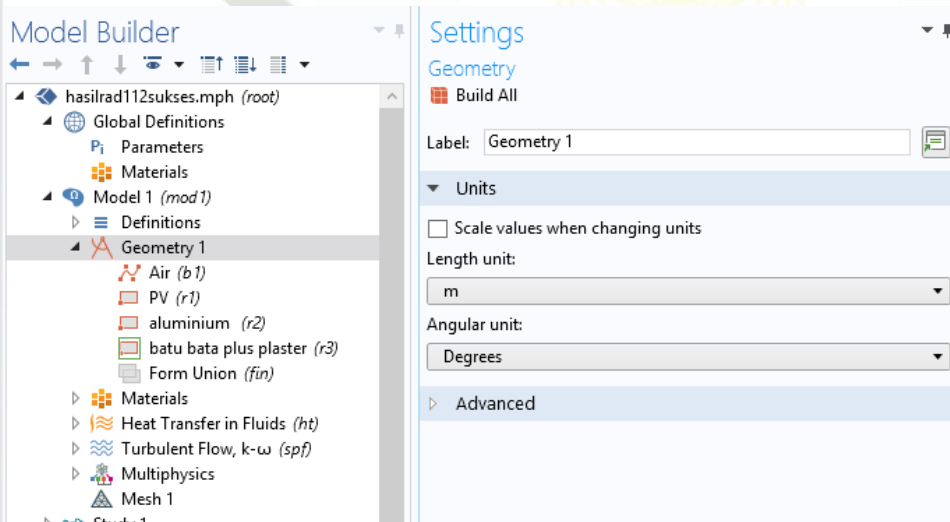
Setelah mengklik *study* pada gambar 3.7 maka akan muncul tampilan seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.8. Pilih *stationary* agar variabel yang dipilih tidak berubah sepanjang waktu selanjutnya klik *done* untuk mengakhiri pengaturan awal pada aplikasi.

6. Tampilan lembar kerja pada aplikasi *comsol* 5.3a



Gambar 3.9 tampilan lembar kerja aplikasi *comsol*

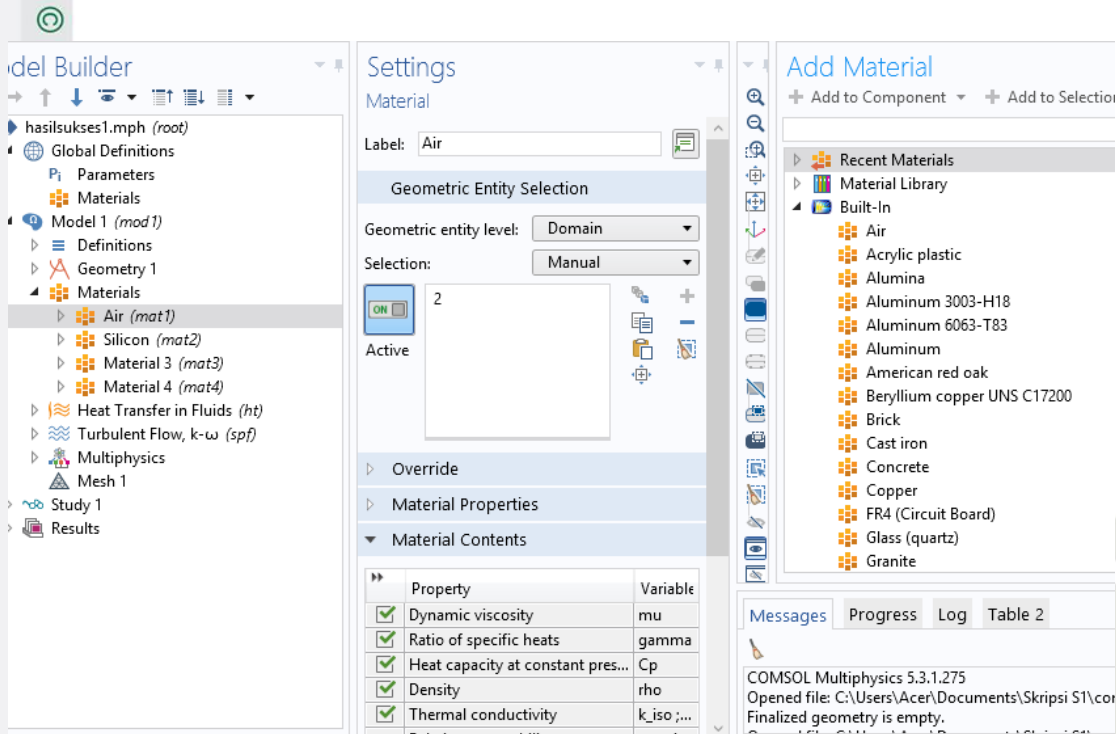
7. Menggambarkan model *geometry*



Gambar 3.10 Pengaturan *geometry*

Pada *geometry* klik kanan kemudian akan keluar *icon-icon* seperti *bazier polygon*, *rectangel*, *ellipse*, *circle* dan *square* maka pilih *bazier polygon* untuk memilih *geometry* udara. Klik kanan pilih *rectangle* sampai empat kali untuk membentuk *geometry* PV, aluminium dan batu bata plus plater. Setelah semua pengaruhan tersebut selesai klik build.

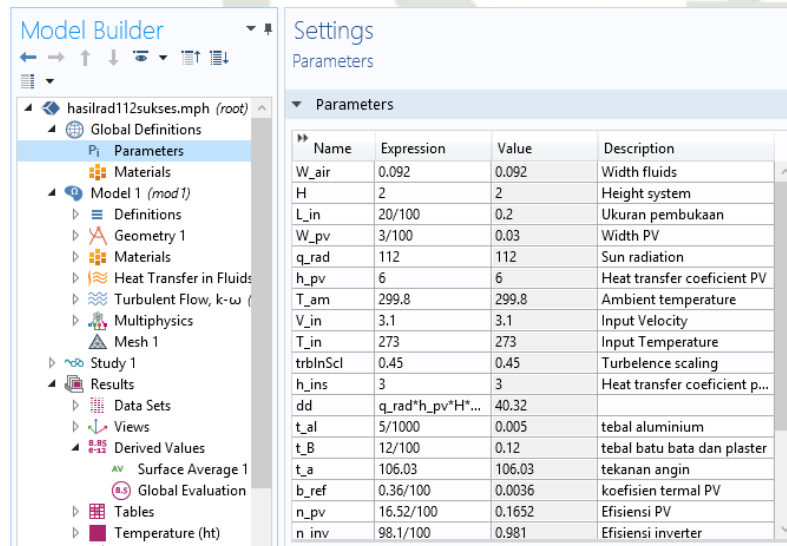
8. Pemilihan material



Gambar 3.11 Pemilihan material

Pemilihan material dilakukan dengan mengklik menu add material kemudian pilih material yang digunakan seperti *air*, *silicon* sebagai PV, aluminium dan batu bata dengan plaster selanjutnya klik *add to component*.

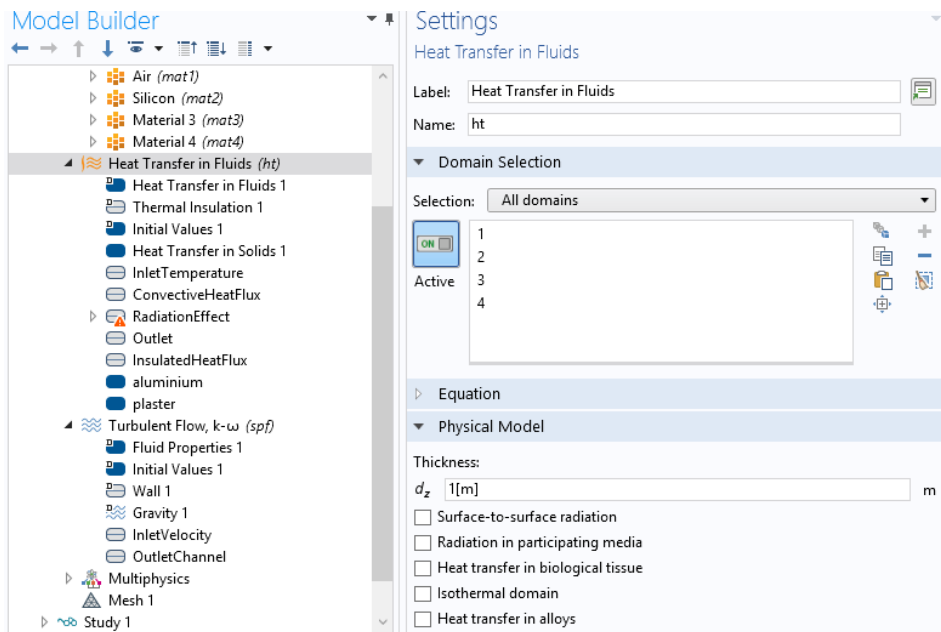
9. Pemilihan parameter



Gambar 3.12 Pengaturan *parameters*

Pemilihan parameter dilakukan sesuai dengan spesifikasi dan jenis material yang digunakan beserta nilai-nilainya dan mengisi nama-nama sesuai singkatan nama paramter.

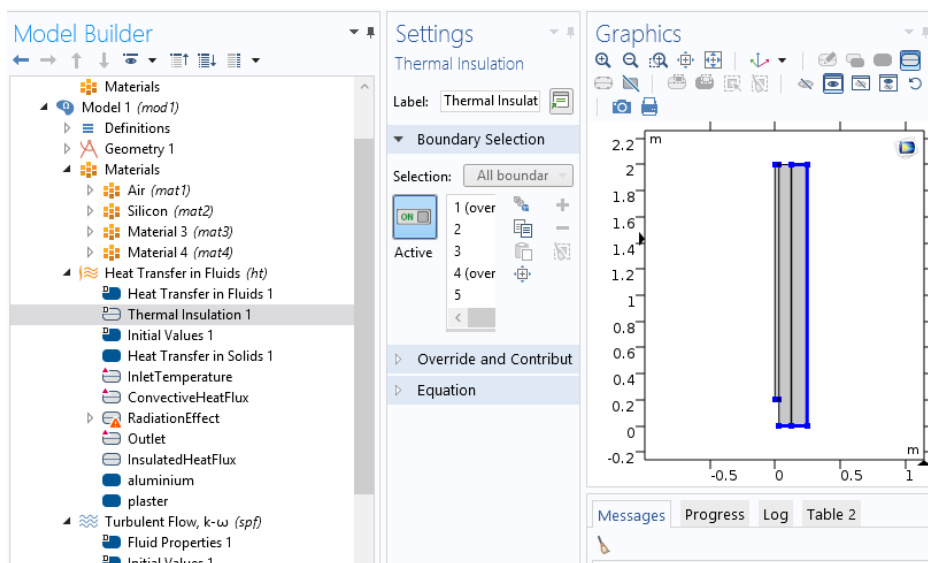
11. Pengaturan fisika domain



Gambar 3.13 Pengaturan fisika domain

Pada pengaturan fisika domain dilakukan pengaturan, penambahan komponen, pemilihan domain, memasukan *value* pada elemen *heat transfer in solid* dan *turbulen flow* beserta seluruh sub menu pada elemen tersebut sesuai dengan validasi jurnal dan data studi kasus.

11. Pengisian kondisi batas



Gambar 3.14 Pengisian kondisi batas

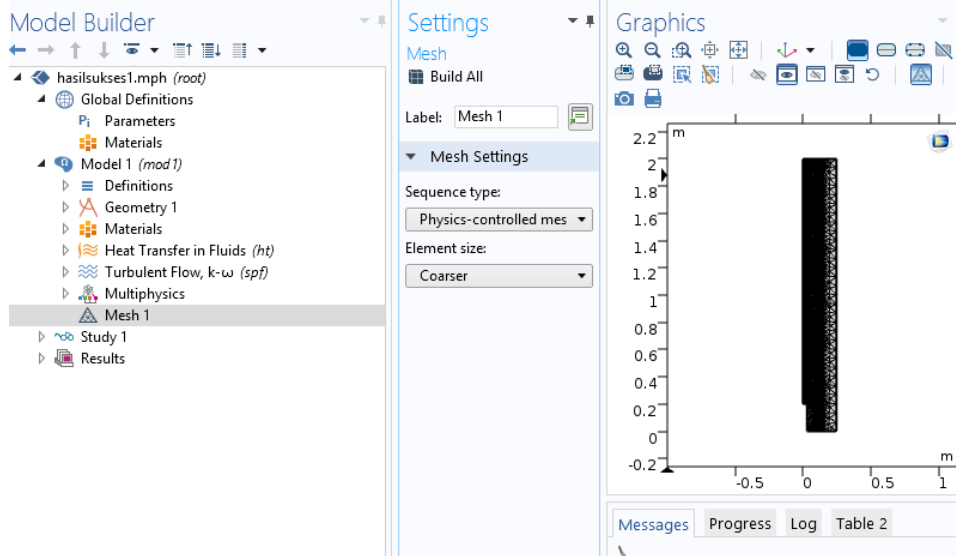
Kondisi batas diatur agar hasil simulasi berjalan sesuai dengan yang diinginkan, seperti pada gambar *menu thermal insulation* digunak untuk mengatur

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

kondisi batas panas pada sistem sesuai dengan bentuk sistem yang dibuat pada *geometry*.

1.2. Pengaturan jaring-jaring atau *mesh*



Gambar 3.15 Pengaturan *mesh*

Pada *mesh1* klik lakukan pengaturan dengan memilih *element size* berupa *coarser* agar tampilan temperatur lebih halus dan jelas pada tampilan *result* nantinya.

3.8.2 Perhitungan Numerik

Melakukan perhitungan numerik merupakan proses yang dilakukan berdasarkan nilai parameter variabel yang diinputkan. Perhitungan numerik akan dilakukan oleh piranti lunak *COMSOL* di dalam aplikasi secara otomatis.

3.8.3 Melakukan Pemrosesan Akhir

Pemrosesan akhir adalah tahap akhir dari simulasi sistem dilakukan, yang mana pada proses pemrosesan akhir ini akan dilakukan pengaturan *result* dan melakukan *Builder* pada simulasi setelah semua langkah-langka diatas dilakukan maka akan secara otomatis menampilkan hasil *Grap* dari simulasi yang dilakukan.

3.9 Analisis Kelayakan

Pada penelitian ini akan dianalisis kelayakan pembangkit listrik BIPV pada rumah sakit Universitas Riau. Analisis kelayakan ini terdiri dari aspek teknis, aspek lingkungan, aspek ekonomis dan aspek sosial. Pada penelitian ini peneliti hanya menganalisis aspek kelayakan teknis dan aspek kelayakan ekonomis.

3.9.1 Analisis Kelayakan Aspek Teknis

Pada analisis kelayakan teknis ini peneliti terlebih dahulu mencari data-data properties yang ada pada material dinding RS Universitas Riau berupa data konduktivitas dan densitas setelah itu peneliti mencari data-data radiasi matahari, kecepatan angin, temperatur dan tekanan udara dan menghitung temperatur pada BIPV dengan menginputkan data-data diatas pada aplikasi *comsol*. Setelah itu peneliti akan menganalisis area *array* yang merupakan luasan dari jumlah sel surya yang akan dibangkitkan untuk dipasang pada dinding bangunan RS Universitas Riau dengan menggunakan aplikasi *sketchup*. Menghitung Daya yang dibangkitkan PV (*Watt peak*), untuk mengetahui berapa daya yang bisa dihasilkan oleh BIPV pada gedung RS Universitas Riau dengan terlebih dahulu menghitung efisiensi kemudian menghitung daya listrik menggunakan persamaan (2.11 dan 2.12).

3.9.2 Analisis Kelayakan Aspek Ekonomis

Analisa perhitungan ekonomi BIPV akan dilakukan dengan menghitung biaya siklus hidup (LCC) dengan menggunakan persamaan (2.19), pada analisis *Life-Cycle Cos*, semua biaya sekarang dan di masa depan berhubungan dengan sistem BIPV yang dibangun. Biaya tersebut dijumlahkan selama sistem BIPV bekerja, namun biaya tersebut tidak hanya energi yang dihasilkan, pemasangan, operasi dan perawatan,, perbaikan, biaya pekerja, inflasi dan laju diskon selama investasi. Perbandingan antara *Life-Cycle Cost* dengan alternatif menentukan sebuah sistem memiliki biaya yang efektif atau tidak [34].

Selanjutnya menghitung *Net Present Value* atau NPV menggunakan persamaan (2.18) yang digunakan untuk menganalisis keuntungan dari investasi atau proyek, formula yang digunakan sensitif terhadap perubahan nilai mata uang atau barang. NPV membandingkan nilai uang yang diterima hari ini dan nilai yang pada masa mendatang dengan memasukkan variabel inflasi dan laju pengembalian. NPV didasarkan pada teknik *discounted cash flow* (DCF) dengan tiga langkah dasar, yaitu menemukan *present value* dari setiap arus uang, termasuk didalamnya adalah pemasukan, pengeluaran, dan diskon harga proyek [34]. Kemudian menghitung IRR menggunakan persamaan (2.17), IRR adalah besarnya tingkat keuntungan yang digunakan untuk melunasi jumlah uang yang dipinjam agar tercapai keseimbangan ke arah nol dengan pertimbangan keuntungan. IRR ditunjukkan dalam bentuk % periode dan biasanya bernilai positif ($I > 0$) [34].

Menghitung *Payback Period* (PP) yang merupakan waktu yang dibutuhkan agar investasi yang telah dikeluarkan kembali kepada investor. Perhitungan *payback period* dilakukan untuk mengetahui risiko keuangan terhadap proyek yang akan dilakukan. Nilai *payback period* yang semakin kecil akan semakin baik, dengan faktor risiko terhadap pengembalian modal akan semakin cepat dalam waktu yang cepat. Dalam menghitung *payback period* biasa disebut metode *payback* dengan membagi modal awal yang dikeluarkan dengan pendapatan yang diterima oleh pemodal selama setahun [34].

3.10 Penilaian Kelayakan

Penilaian kelayakan dilakukan dengan melihat hasil dari analisis aspek teknis dan analisis aspek ekonomis. Pada aspek teknis apabila pembangkit masih bisa menghasilkan listrik untuk kebutuhan Rumah Sakit pada tahun akhir masa hidup pembangkit maka penilaian dari aspek teknis dianggap layak.

Pada aspek ekonomis apabila hasil perhitungan *Net Present Value* lebih besar dari nol, *Internal Rate of Return* memiliki nilai lebih besar dari bunga bank yang ditawarkan dan *Payback Period* tidak melebihi umur pembangkit maka penilaian kelayakan dari aspek ekonomis dianggap layak.

UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang berjudul Analisis Teknis Dan Ekonomis Pembangkit Listrik *Building Integrated Fotovoltaik* (BIPV) (Studi Kasus: Rumah Sakit Universitas Riau) dengan menganalisis potensi listrik pada BIPV kemudian analisis teknis dan ekonomis didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Luas dingin yang bisa dipasang modul PV yaitu seluas 843,32 m² dengan rincian dinding bangunan orientasi Timur seluas 258m², orientasi Utara 311,6 m² dan orientasi Barat 272,76m². Jumlah modul PV yang bisa dipasang yaitu sebanyak 392 buah modul dengan rincian orientasi Timur sebanyak 115 buah modul, orientasi Utara sebanyak 159 modul dan orientasi Barat sebanyak 118 buah modul PV.
2. Pembangkit listrik BIPV pada RS Universitas Riau dapat pasang modul PV sebanyak 118 pada orientasi Barat, 115 buah pada orientasi Timur dan 159 modul pada orientasi Utara. Daya yang dihasilkan pada orientasi Timur selama setahun sebesar 23.664kWh pada orientasi Utara menghasilkan daya listrik sebesar 26.195kWh dan pada orientasi Barat menghasilkan daya listrik 20.340 kWh. Pada tahun pertama pembangkit listrik BIPV menghasilkan sebesar 70,02 MWh daya listrik dan daya listrik yang dihasilkan terus berkurang sebesar 0.5% setiap tahunnya. Pada tahun ke 20 pembangkit listrik di RS Universitas Riau masih bisa menghasilkan daya listrik sebesar 63,531 MWh, sehingga analisa teknis pada RS Universitas Riau layak.
3. Pembangkit listrik BIPV di RS Universitas Riau memerlukan investasi awal sebesar Rp1.490.601.800,00 yang terdiri dari biaya operasi dan perawatan sebesar Rp14.906.018,00 dan biaya penggantian inverter pada tahun ke-10 sebesar Rp131.108.000,00. Pada analisis kelayakan nilai *Net Present Value* didapatkan negatif sebesar (Rp-411.132.941,09), *Internal Rate of Return* (1%) dan *Payback Period* 17,6 Tahun. Berdasarkan analisis kelayakan nilai NPV, IRR dan PP pembangkit listrik BIPV pada RS Universitas Riau tidak layak dibangun.

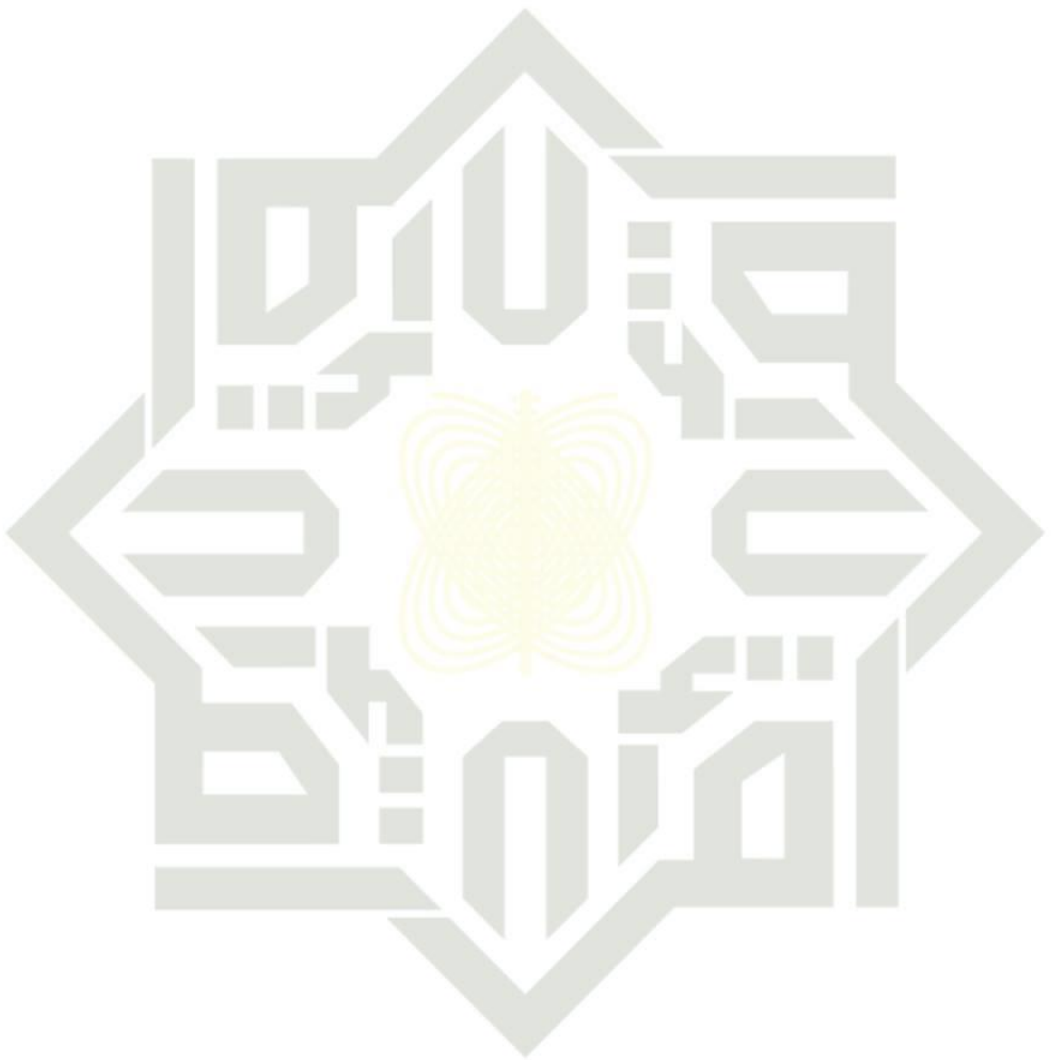
Saran

1. Agar biaya yang dibutuhkan untuk investasi tidak besar sebaiknya tidak membeli komponen BIPV dengan dengan di impor dan hanya membelinya pada satu produsen saja.

5.2

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

DAFTAR PUSTAKA

- [1] DP. Elinur, "Perkembangan Konsumsi Dan Penyediaan Energi Dalam Perekonomian Indonesia" *Indonesia Journal Of Agricultural Economics (IJAE)*, 2010
- [2] Dewan Energi Nasional RI. Jakarta: Outlook Energi Indonesia, 2014. [E-book] Tersedia: <http://www.den.go.id>
- [3] Budiharto, et al. Laporan Inventarisasi GRK, Monitoring, Pelaporan, dan Verifikasi 2017. Jakarta: menlhk dan ditjenppi, 2017. [E-book] Tersedia: ditjenppi.menlhk.go.id
- [4] Wikipedia, "Energi Terbarukan," 2002. [Online]. Tersedia: http://id.m.wikipedia.org/wiki/energi_terbarukan. [Diakses: 10 Oktober 2019].
- [5] S. Manan, "Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Efisien, Handal Dan Ramah Lingkungan Di Indonesia," *Prospek Dan Kelangsunga Energi Nasional*, vol.9, no.4, p.32, Februari 2016.
- [6] T. Hendroyono, "Banngunan Mandiri dengan Sel Photovoltaics," *Smart Building, Photovoltaics, I-Arch Indonesia Architecture Magazine*, edisi Smart Building, Jakarta: PT. Grasindo Mediatama: 12
- [7] AK Paminto. *Proyeksi Kebutuhan Listrik Periode 2012-2035*. Tangerang selatan: BPPT, 2014. [E-book] Tersedia: academia.edu
- [8] MB Fadillah, DY Sukma, Nurhalim. "Analisis Perkiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2015-2024 Wilayah PLN Kota Pekanbaru Dengan Metode Gabungan" *Jurnal Jom FTEKNIK*. Vol.2, No.2, 2 Oktober 2015.
- [9] Badan Pusat Statistik 2017 "Jumlah Penduduk Provinsi Riau Menurut Jenis Kelamin Dan Kabupaten/Kota" [online]. Tersedia : <http://riau.bps.go.id>. [Diakses: 08 Oktober 2019].
- [10] Dinas Kesehatan. *Profil Kesehatan Kota Pekanbaru Tahun 2015*. Pekanbaru : Dinas Kesehatan Kota Pekanbaru; 2015.
- [11] Data Nasa" *Prediction Of Worldwide Energy Resource (POWER)*" [Online]. Tersedia: <http://Power.larc.nasa.gov>. [Diakses: 15 Desember 2019]

- [12] Dr. Zulharman, M. Med. Ed, Direktur RS Universitas Riau. [Rekaman audio]. Riau, Wawancara, 27 Agustus 2019
- [13] M Saputra, A Hamza.”Studi Analisis Potensi Penghematan Konsumsi Energi Melalui Audit Dan Konservasi Energi Listrik Di Rumah Sakit Universitas Riau”*Jurnal Jom FTEKNIK*. Vol. 4, No.1, Februari 2017
- [14] Laporan Tagihan Kode Kolektif Nota terpusat UNRI, Invoice UNRI 2019.
- [15] Bluesun Solar Energy Tech,”6 Keuntungan Utama Dari Integrasi Bangunan Photovoltaic (BIPV),”*id.bluesunpv.com*, 3 Februari 2017.[Online]. Tersedia: <http://www.id.bluesunpv.com>. [Diakses: 09 Oktober 2019].
- [16] Y Lase, Asbuilt Drawing Pembangunan Rumah Sakit Pendidikan Universitas Riau Pekanbaru (Gedung A). Pekanbaru: Departemen Pendidikan Nasional Universitas Riau, Desember 2012, hlm.16.
- [17] L. Liao, AK Athienitis, L. Candanedo, KW. Taman” *Numerical and experimental study of heat transfer in a BIPV thermal syitem*”*Jurnal Electical Solar Energy*, vol.129, pp.1-5, November 2007.
- [18] Solar Panel,” 330 WpPhovoltaic Panel.” *Recgroup*, 2019.[Online]. Tersedia: <http://www.recgroup.com/products>. [Diakses: 09 November 2019].
- [19] RA. Agatokleous and SA. Kalogirou, “*Thermal Analysis Of A Building Integrated Photovoltaic (BIPV) System*,” *Energies*, vol.89, pp.1-10, Juni 2016.
- [20] SL.Sharma and K.Kumari” *Numerical Study Of Natural Ventilation in BIPV Trombe Wall*”*Global Research and Development Journal for Engineering*, vol.1, no.2, pp.1-4, November 2016.
- [21] CM Lai and YP Lin, "Energy Saving Evaluation of The Ventilated BIPV Walls," *Journal energies*, vol.4, no. 1996-1073, pp.949, Juni 2011.
- [22] R. Ihsan dkk,”Studi Kelayakan Penerapan Sistem Hybrid BAPV Pada Atap Gedung Politeknik Aceh”, *Jurnal Rekayasa Elektrika* Vol. 13, No. 1, April 2017, hal. 48-56
- [23] (Stoecker dan Jones, 1982) Jenis-Jenis Perpindahan Panas Pada Benda, [Wikipedia.org/wiki/ perpindahan panas/](https://id.wikipedia.org/wiki/perpindahan_panas/). [diakses 23 Februari 2019].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- [24] Wikipedia, (undated) “*Bilangan Reynolds, Nusselt Dan Grashof*,” [online]. Tersedia: http://id.m.wikipedia.org/wiki/Bilangan_Reynolds. [Diakses: 23 Februari 2019].
- [25] R.N Mandratama, "Perancangan Simulator Surya Untuk Pengujian Unjuk Kerja Photovoltaic (PV) Dengan Menggunakan Media Pemrograman Grafis LabView.," *Jurnal Ilmiah*, 2016. [online]. Tersedia: <http://eprints.unram.ac.id/> [Diakses 22 Februari 2019]
- [26] Cirriminna Rossaria, Giovanni Palmisanno, 2010. “*BIPV Merging The Photovoltaic with The Constructio*”. Vol. 18 no. 61-72, Palermo, Italia 2010.
- [27] Wijaya, Z. Putra., "Perancangan Set Up Karakterisasi Panel Surya", Tanjung Pinang: Universitas Maritim Raja Ali Haji. Hlm 7
- [28] Kuryono, Tri Harso, “Bangunan Hemat Energi: Strategi Penghematan Energi Bangunan Di Kawasan Sub Tropis Dan Tropis Basah” Seminar Bangunan Hemat Energi, Balai Besar Teknologi Energi (B2TE), 12 Juli 2016, Serpong.
- [29] Brandley J, Fontenault Dan Ernesto Gutierrez-Miravete, 2012, “Modeling a Combined Photovoltaic Thermal Solar Panel”, *General Dynamics Electri Boat Corporation Rensselaer Polytechnic Institute*, 2012.
- [30] D. Muchammad, E Yohana, “Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Modul Surya 50 Watt Peak Dengan Posisi Mengikuti Arah Matahari”, *Jurnal Eprints. Unram.ac.id, Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegor*. Semarang 2011.
- [31] Ted James, Alan Goodrich, Michael Woodhouse, Robert Margolis, and Sean Ong, “Building Integrated Photovoltaics (BIPV) in the Residential Sector”, *An analysis of Instalated Rooftop System Prices*. NREL, 2011.
- [32] TS Ong dan CH. Thum, “Net Present Value and Payback Period for Building Integrated Photovoltaic Projects in Malaysia,” *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, Februari 2013.
- [33] Bank Indonesia “ BI 7 Day (Reverse) Repo Rate”, Tersedia: <https://bi.go.od>. [Diakses: 17 Desember 2019]. Desember 2019”.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- [34] M. Giatman, "Ekonomi Teknik" Jakarta: Raja Grafindo Persada, September 2005 [E-book] Tersedia: Scholar.Google.co.id
- [35] Setyanto dan Eko"Memperkenalkan Kembali Metode Eksperimen Dalam Kajian Komunikasi. Jurnal Ilmu Komunikasi Volume 3, nomor 1, hal. 37-38, Juni 2015
- [36] Zainudin, Ahmad" Konsep Metode Numerik" *Politeknik Elektronika Negeri Surabaya*, 2016
- [37] BK Khotimah. Teori Simulasi dan Pemodelan, Ponorogo: Academia.edu, Mei 2015. [E-book] Tersedia: Academia.edu
- [38] Umbaran, "Pengertian Metode dan jenis Simulasi,"Metode simulasi, 2015. [online]. Tersedia: <http://www.academia.edu>[Diakses 13 Oktober 2019].
- [39] D. Agusten. Pemodelan dan Simulasi, Depok: Universitas gunadarma, Mei 2017 [E-book] Tersedia: Dina_agustin.staff.gunadarma.ac.id
- [40] M Jelita, Modul Perkenalan *ComsolMultipysi*. Pekanbaru 2019
- [41] Solar Inverter, " *solar inverter sunny tripower core1*,"SMA.DE, 2019. [Online]. Tersedia: <http://www.sma.de/en>. [Diakses: 09 November 2019].
- [42] *SketcUp*, "SketcUp Pro 2019", Trimble 2019. [Online]. Tersedia: <http://www.sketcup.com> [Diakses: 27 November 2019]
- [43] PVWatts. "PVWatt Viewer Solar Business Hub Resources V6 API"
- [44] GSES. *Grid Connected PV systems Design and Installation* : Nationaal Duurzamheid Institute (NDI), Juli 2019edisi ke-2. [E-book] Tersedia: GSES Pty Ltd.ver.1.0 India
- [45] Subekti Yuliananda," Kajian Aspek Teknsi Dan Aspek Biaya Investasi Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Atau Beton Gedung" *Jurnal Untag* Vol.06, No.2 Desember 2013
- [46] Bea Cukai"Jumlah Ketentuan Barang Kiriman"[online].Tersedia: <http://beacukai.go.id> [Diakses: 17 Desember 2019].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

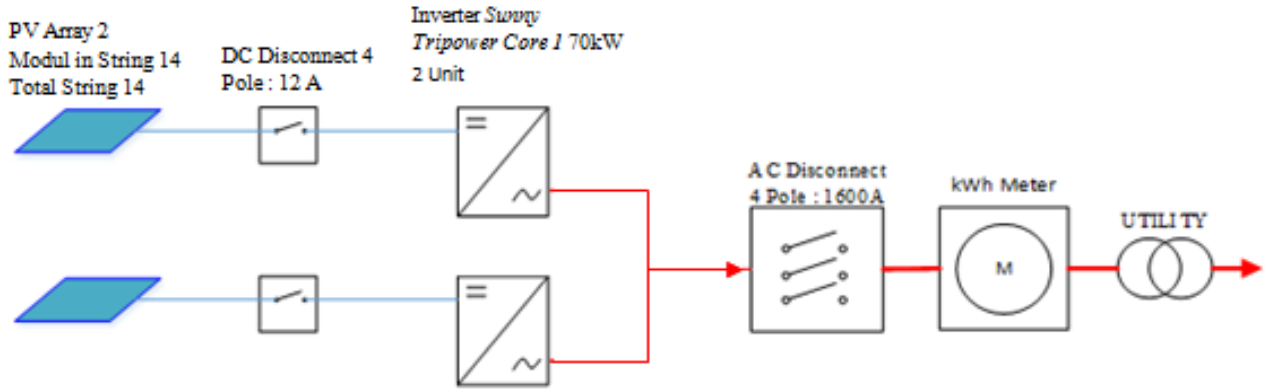
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

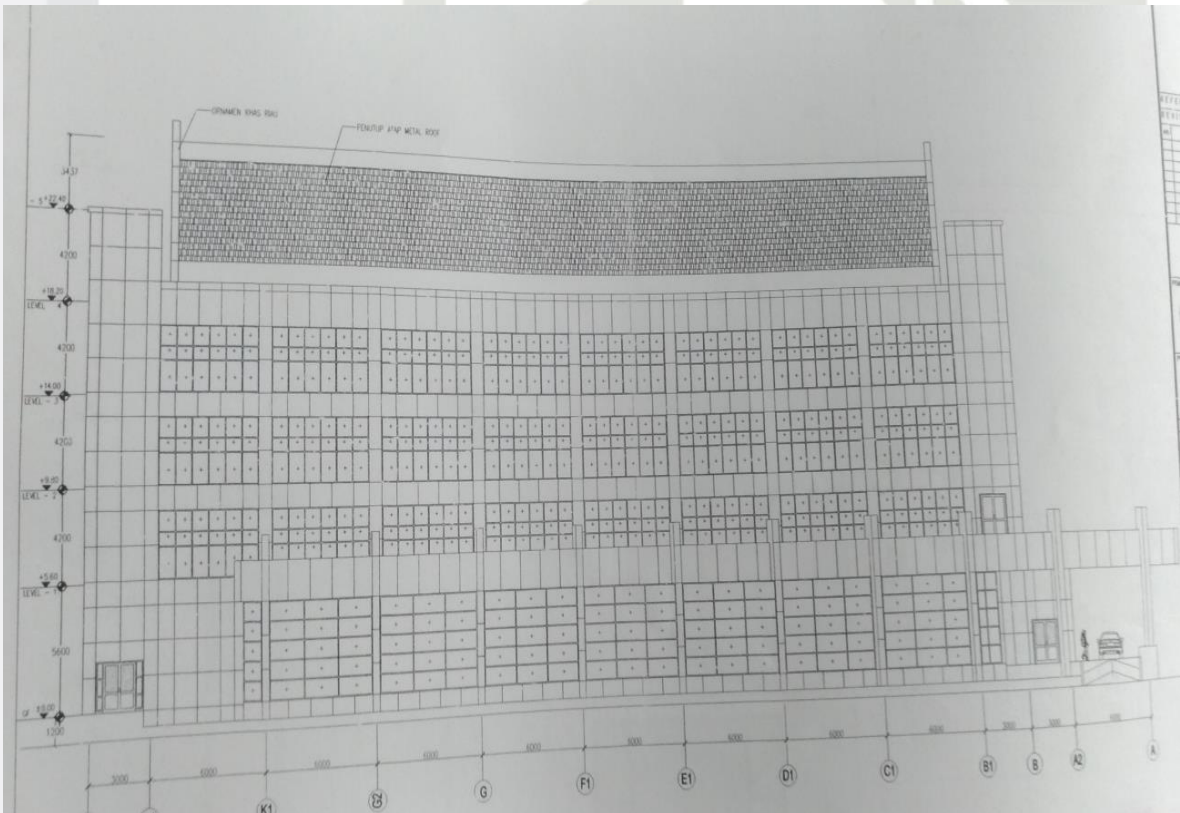
- [47] Hexamitra Dustrubutor” Harga Inverter Sunny Tripower Core 1”[online]. Tersedia: [http:// hexamitra.co.id](http://hexamitra.co.id) [Diakses: 17 Desember 2019].
- [48] Pos Indonesia” Check Tarif Pos Indonesia”[online]. Tersedia: [http:// posindonesia.co.id](http://posindonesia.co.id) [Diakses: 17 Desember 2019].
- [49] PT Mega Kreasi Ekatama” Harga kabel AC dan DC”[online]. Tersedia: [http:// mke-cables.co.id](http://mke-cables.co.id) [Diakses: 17 Desember 2019].
- [50] Solarclm-p”Komponen Instalasi Modul PV Di Dinding”[online]. Tersedia: [http:// solarclm-p.com](http://solarclm-p.com) [Diakses: 17 Desember 2019].
- [51] Tokopedia” AC *Disconnect* dan DC *Disconec.*”[online]. Tersedia: [http:// m-tokopedia.com](http://m-tokopedia.com) [Diakses: 17 Desember 2019].
- [52] Ramadan dan Rangkuti” Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti” *Jurnal Unsri* Vol.06, No.2 Desember 2013
- [53] PT. Suryatek Mulya Abadi, ”Biaya Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya” [online]. Tersedia: <http://pt-suryatek-mulia-abadi.indonetwoerk.co.id> [Diakses:17 Desember 2019].

LAMPIRAN

A. DIAGRAM KELISTRIKAN PEMBANGKIT LISTRIK BIPV RS UNRI



B. GAMBAR ARSITEKTUR RS UNRI



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

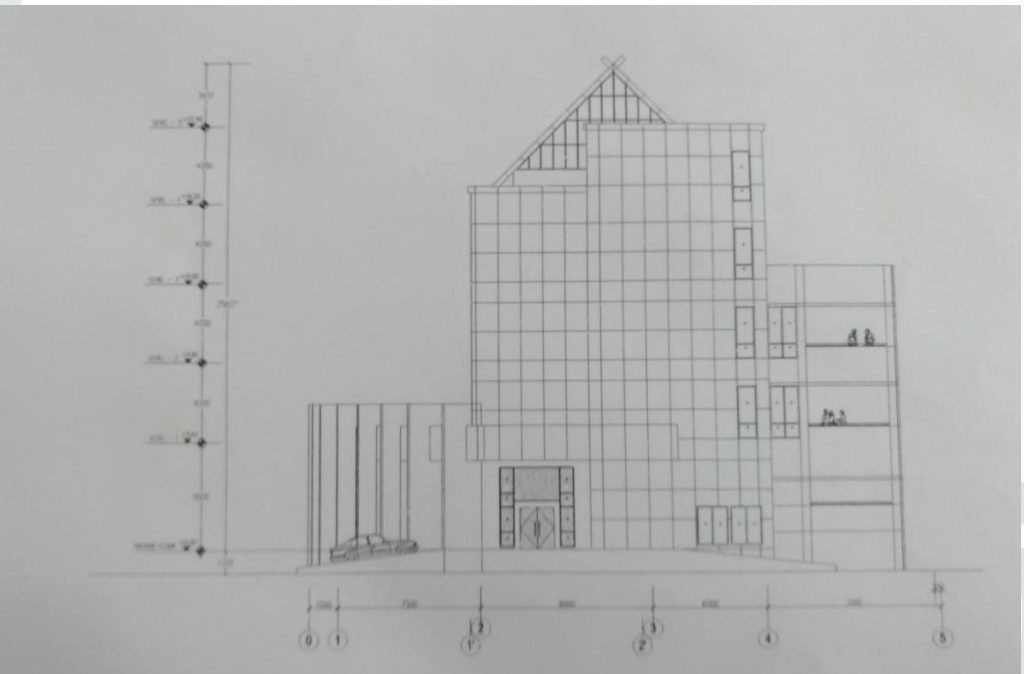
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

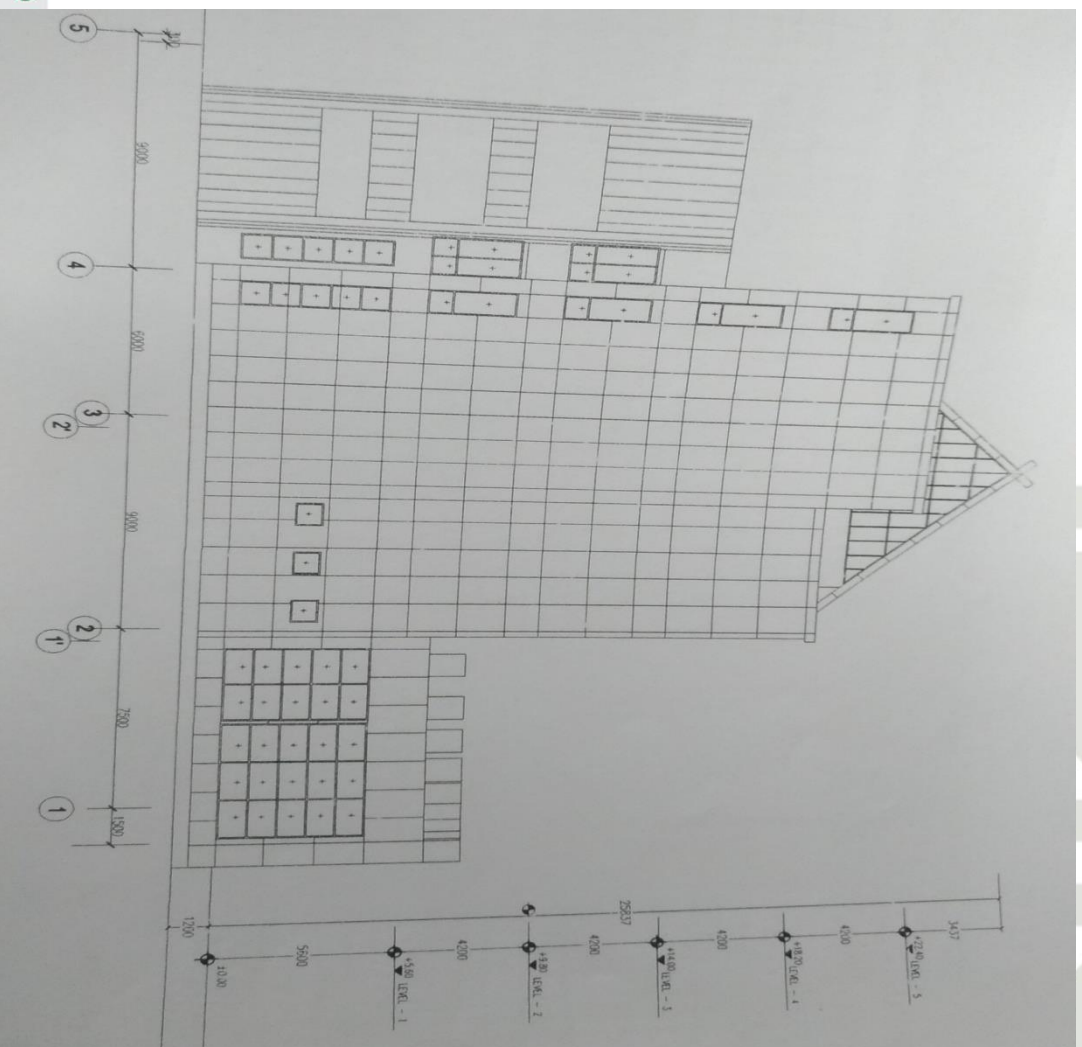
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

➤ 1. Invoice tagihan listrik bulan Mei

1. Invoice tagihan listrik bulan Mei

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

| Nama Kode : UNRI | | 700071899910829 | | ALAMAT | | NO ID PEL | | TRF | DAYA | REKENING | RP-MAT | TOTAL TAG | KET |
|------------------|---------------------------|-------------------|--|--------|-----------------------------|---------------|-----|-----|---------|------------|--------|------------|-----|
| No. | PEMILIK | NAMA | | | | | | | | | | | |
| 1 | UNRI | MEES UNIPERSTAS | | | DIPONEGORO 42 | 181100020012 | R1 | | 2200 | 129.121 | 0 | 129.121 | |
| 2 | UNRI | MEES UNRI | | | DIPONEGORO 42 | 181100020012 | R1 | | 3500 | 773.257 | 3.000 | 776.257 | |
| 3 | UNRI | MESS I K I P | | | DIPONEGORO | 181100025869 | R3 | | 6600 | 1.611.073 | 6.000 | 1.617.073 | |
| 4 | UNRI | UNIVERSITAS RIAU | | | DIPONEGORO | 181100028443 | R3 | | 13200 | 1.310.574 | 6.000 | 1.316.574 | |
| 5 | UNRI | UNIVERSITAS RIAU | | | RONGGOWARSITO | 181100098657 | S2 | | 105000 | 28.309.650 | 6.000 | 28.315.650 | |
| 6 | UNRI | LABORATORIUM UNRI | | | RONGGOWARSITO | 181100175041 | P1 | | 53000 | 20.145.754 | 6.000 | 20.151.754 | |
| 7 | S.M.F IKASARI | | | | JL PATIMURA | 181100211556 | S2 | | 3500 | 920.700 | 3.000 | 923.700 | |
| 8 | FEKON UNRI | | | | RONGGOWARSITO | 181100687859 | S2 | | 41500 | 4.996.800 | 6.000 | 5.002.800 | |
| 9 | KAMPUS UNRI | | | | RONGGOWARSITO | 181100768676 | S2 | | 41500 | 5.720.400 | 6.000 | 5.726.400 | |
| 10 | GEDUNG PROGRAM S1 | | | | JL RONGGOWARSITO | 181100811226 | S2 | | 53000 | 1.908.000 | 6.000 | 1.914.000 | |
| 11 | FAK. KEDOKTERAN RIAU | | | | DIPONEGORO | 181100885078 | S3K | | 555000 | 51.447.942 | 6.000 | 51.453.942 | |
| 12 | DENI HARIADI | | | | PATIMURA P2KK UNRI | 181101046354 | R1 | | 2200 | 162.868 | 0 | 162.868 | |
| 13 | UNRI PASCA SARJANA | | | | JL PATIMURA D RT.3. RW.3 | 181101112514 | S2 | | 16500 | 2.256.300 | 6.000 | 2.262.300 | |
| 14 | FAKULTAS EKONOMI GEDUNG D | | | | JL RONGGO WARSITO | 181101416229 | S2 | | 41500 | 8.596.800 | 6.000 | 8.602.800 | |
| 15 | FAKULTAS HUKUM UNRI | | | | JL PATIMURA | 181101427700 | S2 | | 41500 | 5.236.200 | 6.000 | 5.242.200 | |
| 16 | KAMPUS UNRI | | | | KM 17 PKB - BKG TL 63286 | 181400000571 | S2 | | 197000 | 30.294.000 | 6.000 | 30.300.000 | |
| 17 | RLABOR FAFERI UNRI | | | | UNRI | 181400011557 | S2 | | 13200 | 2.142.900 | 6.000 | 2.148.900 | |
| 18 | UNIVERSITAS RIAU | | | | BINA KARYA | 181400013378 | P1 | | 33000 | 4.739.314 | 6.000 | 4.745.314 | |
| 19 | FAFERI | | | | RY KE-PADANG TL 63266 E.207 | 181400013926 | S2 | | 197000 | 36.618.300 | 6.000 | 36.624.300 | |
| 20 | UNIVERSITAS RIAU | | | | RAYA BANGKINANG | 181400015308 | S2 | | 450 | 28.380 | 0 | 28.380 | |
| 21 | PRAKTEK UNRI | | | | UNRI KM.15 | 181400020275 | S2 | | 4400 | 528.300 | 3.000 | 531.300 | |
| 22 | UNRI NON GELAR | | | | UNRI SMP BARU | 181400021020 | S2 | | 10600 | 2.612.700 | 6.000 | 2.618.700 | |
| 23 | PERPUSTAKAAN UNRI | | | | SIMP BARU | 181400022652 | P1 | | 82500 | 11.313.000 | 6.000 | 11.319.000 | |
| 24 | FMPA UNRI | | | | KIMP'S BINA WIDYA UNRI | 181400023974 | S2 | | 164000 | 16.396.200 | 6.000 | 16.402.200 | |
| 25 | FAK PERTANIAN UNRI | | | | COM UNRI SIMP BARU | 181400027223 | S2 | | 4400 | 290.700 | 3.000 | 293.700 | |
| 26 | REKTORAT UNRI | | | | JL SP PANAM | 181400088724 | S2 | | 197000 | 38.988.900 | 6.000 | 38.994.900 | |
| 27 | FISIFOL UNRI | | | | UNRI SP PANAM | 181400088732 | S2 | | 197000 | 32.012.100 | 6.000 | 32.018.100 | |
| 28 | UNRI / PAPERTA | | | | RAYA KE BANGKINANG | 181400098612 | R2 | | 16500 | 2.700.000 | 6.000 | 2.706.000 | |
| 29 | FAKULTAS TEKNIK UNRI | | | | BANGAU SAKTI SP BARU | 181400105858 | S2 | | 3500 | 205.419 | 0 | 205.419 | |
| 30 | PUSKON UNRI | | | | RAYA BANGKINANG TL 63266 | 181400106644 | S2 | | 105000 | 12.772.800 | 6.000 | 12.778.800 | |
| 31 | LABOR FMPA UNRI | | | | RAYA SIMP PANAM | 181400106731 | S2 | | 41500 | 4.784.100 | 6.000 | 4.784.100 | |
| 32 | GEDUNG AKUTANSI | | | | KAMPUS UNRI SP PANAM | 181400124839 | S2 | | 33000 | 4.599.000 | 6.000 | 4.605.000 | |
| 33 | GARGOBISNIS FRT | | | | KAMPUS UNRI SP PANAM | 181400125665 | S2 | | 23000 | 2.394.900 | 6.000 | 2.400.900 | |
| 34 | IRWAN EFENDI/FMIPA | | | | KAMPUS UNRI SP PANAM | 181400128995 | S2 | | 16500 | 1.951.200 | 6.000 | 1.957.200 | |
| 35 | REKTORAT UNRI/FMIPA | | | | KAMPUS UNRI SP PANAM | 181400130688 | S2 | | 41500 | 1.494.000 | 6.000 | 1.500.000 | |
| 36 | M NURUL FIKRI | | | | KAMPUS UNRI JL BINA WIDYA | 181400149543 | S2 | | 3500 | 2.122.200 | 6.000 | 2.128.200 | |
| 37 | UNIVERSITAS RIAU | | | | KAMPUS BINA WIDYA PANAM | 181400154221 | S3 | | 690000 | 67.567.080 | 6.000 | 67.573.080 | |
| 38 | STADION UNRI PANAM | | | | UNRI PANAM | 181400177794 | S2 | | 13200 | 545.400 | 3.000 | 548.400 | |
| 39 | POLIKLINIK UNRI | | | | KAMPUS UNRI PNM | 181400219009 | S2 | | 33000 | 1.950.300 | 6.000 | 1.956.300 | |
| 40 | FEKON UNRI | | | | KAMPUS UNRI PNM | 181400253983 | S2 | | 197000 | 20.034.000 | 6.000 | 20.040.000 | |
| 41 | FISIP UNRI / GERAI IT | | | | BINA KARYA | 181401025393 | S2 | | 7700 | 1.729.800 | 6.000 | 1.735.800 | |
| 42 | FISIP UNRI / LAB PARIWISA | | | | KAMPUS UNRI PNM | 181404078086 | S2 | | 33000 | 2.853.900 | 6.000 | 2.859.900 | |
| 43 | AUDITORIUM FMPA UR | | | | KAMPUS UNRI PNM | 181404218094 | S2 | | 105000 | 20.664.000 | 6.000 | 20.670.000 | |
| 44 | VENUE PANJAT DINDING | | | | KMP'S BINA WIDYA UNRI | 181404212409 | P1 | | 16500 | 968.405 | 3.000 | 971.405 | |
| 45 | RUSUNAWA UNRI | | | | BINA KARYA | 181404222018 | R3 | | 197000 | 11.562.166 | 6.000 | 11.568.166 | |
| 46 | RS. PENDIDIKAN UNRI | | | | PROF DR MOCHTAR LUTFI | 181404222026 | P1 | | 197000 | 32.067.000 | 6.000 | 32.073.000 | |
| 47 | HERY SURYADI | | | | BINA KRIDA PNM | 181404236982 | S2 | | 197000 | 10.062.000 | 6.000 | 10.068.000 | |
| 48 | LEMBAGA PENELITIAN UR | | | | HR SUBRANTAS KAMPUS UNRI | 181404242249 | S2 | | 33000 | 5.153.087 | 6.000 | 5.159.087 | |
| 49 | KEKUD GADAFAT 10 | | | | KAMPUS BINA WIDYA UR | 181404315931 | P1 | | 41500 | 3.345.300 | 6.000 | 3.351.300 | |
| 50 | GEDUNG LAB ILMU KOMUNIKAS | | | | JL GEDUNG BPTIK UR PANAM | 181404390732 | S2 | | 33000 | 1.188.000 | 6.000 | 1.194.000 | |
| 51 | DEKANAT-UNRI | | | | JL BINA WIDYA | 181404585680 | S2 | | 33000 | 1.188.000 | 6.000 | 1.194.000 | |
| 52 | FAK HUKUM UNRI | | | | JL BINA WIDYA UNRI PANAM | 181404612330 | S2 | | 53000 | 9.366.300 | 6.000 | 9.372.300 | |
| 53 | KAMPUS UNRI | | | | JL PATIMURA | 181101569317 | S2 | | 41500 | 8.530.200 | 6.000 | 8.536.200 | |
| | | | | | JL GANJES | 1825000276953 | S2 | | 1476500 | 5.292.300 | 6.000 | 5.298.000 | |

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tuils ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tuils ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

| | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------|----|--------|------------|-------|-------|-------------|
| 54 | LABOR TERPADU FAPERTA | JL KAMPUS BINA WIDYA UNIVERS | 1811404913662 | P1 | 66000 | 873.615 | 3.000 | 6.000 | 3.879.619 |
| 55 | LABOR Bioteknologi | KAMPUS BINA WIDYA UNIVERS | 1811404913662 | P1 | 10600 | 782.060 | 3.000 | 3.000 | 785.060 |
| 56 | KAMPUS FAPERTA UNRI | KAMPUS BINA WIDYA UNIVERS | 1811404913662 | P1 | 33000 | 936.810 | 6.000 | 6.000 | 1.942.810 |
| 57 | LABOR EKOFISILOGI UR | KAMPUS BINA WIDYA UR KM 12 | 1811404913670 | P1 | 10600 | 833.415 | 3.000 | 3.000 | 836.415 |
| 58 | FEKON UNRI 1 | JL BINA KARYA | 1811404916118 | S2 | 197000 | 30.298.500 | 6.000 | 6.000 | 30.304.500 |
| 59 | GEDUNG ARSIP UR | KAMPUS BINA WIDYA KM 12,5 | 1811404916118 | S2 | 41500 | 1.494.000 | 6.000 | 6.000 | 1.500.000 |
| 60 | GD.DEKANAT F. TEKNIK UR | KAMPUS BINA WIDYA KM 12,5 | 1811404916118 | S2 | 197000 | 7.092.000 | 6.000 | 6.000 | 7.098.000 |
| 61 | GEDUNG PKM UR | PATTIMURA | 181101651645 | S2 | 41500 | 3.174.000 | 6.000 | 6.000 | 3.174.000 |
| 62 | LABOR AGROTEKNOLOGI | KAMPUS BINA WIDYA KM. 12, | 1811404992448 | S2 | 10600 | 416.700 | 3.000 | 3.000 | 419.700 |
| 63 | GEDUNG KULIAH FAPERTA UR | KAMPUS BINA WIDYA KM 12,5 | 1811405076754 | S2 | 41500 | 1.494.000 | 6.000 | 6.000 | 1.500.000 |
| 64 | LABOR TANAH FAPERTA UR | KAMPUS BINA WIDYA KM. 12, | 1811405076762 | S2 | 10600 | 418.500 | 3.000 | 3.000 | 421.500 |
| 65 | KAMPUS FKIP UR | KAMPUS BINA WIDYA | 1811404989317 | S2 | 197000 | 27.392.400 | 6.000 | 6.000 | 27.398.400 |
| 66 | GEDUNG PERTUNJUKAN UR | KAMPUS BINA WIDYA KM 12,5 | 1811405076747 | S2 | 53000 | 1.908.000 | 6.000 | 6.000 | 1.914.000 |
| JUMLAH YANG HARUS DISETORKAN | | | | | | | | | 628.836.794 |
| | | | | | | | | | 342.000 |
| | | | | | | | | | 628.494.794 |

Pelanjutan, Mei 2019
Supv Pemasaan & Pelayanan Pelanggan

ANDIKO BESTARI

CATATAN :
Rek listrik bulan Mei 2019 adalah pemakaian Aliran Listrik bulan April 2019

4

LAPORAN TAGIHAN KODE KONTAK NOTAS TERPUSAT
TAGIHAN BULAN JULI 2019

Nama Kode : UNRI 7000711899910529

| No | PEMILIK UNRI | No. | NAMA | ALAMAT | NO ID PEL | TRF | DAYA | REKENING | RP/MAT | TOTAL TAG | KET |
|----|--------------|-----|----------------------------|-----------------------------|--------------|-----|--------|------------|--------|------------|-----|
| 1 | | 1 | MEES UNIPERSITAS | DIPONEGORO | 181100020004 | R1 | 2200 | 129.121 | 0 | 129.121 | |
| | | 2 | MESS UNRI | DIPONEGORO 42 | 181100020012 | R1 | 3500 | 564.968 | 3.000 | 564.968 | |
| | | 3 | MESS I K I P | DIPONEGORO | 181100025669 | R3 | 6600 | 1.454.074 | 6.000 | 1.460.074 | |
| | | 4 | UNIVERSITAS RIAU | DIPONEGORO | 181100028443 | R3 | 13200 | 2.851.952 | 6.000 | 2.857.952 | |
| | | 5 | UNIVERSITAS RIAU | RONGGOWARSITO | 181100096657 | S2 | 105000 | 10.558.050 | 6.000 | 10.564.050 | |
| | | 6 | LABORATORIUM UNRI | RONGGOWARSITO | 181100175041 | P1 | 53000 | 7.901.303 | 6.000 | 7.907.303 | |
| | | 7 | S.M.F. IKASARI | JL. PATTIMURA | 181100211556 | S2 | 3500 | 164.700 | 0 | 164.700 | |
| | | 8 | FEKON UNRI | RONGGOWARSITO | 181100687659 | S2 | 41500 | 3.330.000 | 6.000 | 3.336.000 | |
| | | 9 | KAMPUS UNRI | RONGGOWARSITO | 181100768676 | S2 | 41500 | 3.500.100 | 6.000 | 3.506.100 | |
| | | 10 | GEDUNG PROGRAM S1 | JL. RONGGOWARSITO | 181100811226 | S2 | 53000 | 1.908.000 | 6.000 | 1.914.000 | |
| | | 11 | FAK. KEDOKTERAN RIAU | DIPONEGORO | 181100885078 | S3K | 555000 | 29.746.626 | 6.000 | 29.752.626 | |
| | | 12 | DENI HARIADI | PATIMURA P2KK UNRI | 181101046354 | R1 | 2200 | 162.868 | 0 | 162.868 | |
| | | 13 | UNRI PASCA SARJANA | JL. PATIMURA 0 RT.3 RW.3 | 181101112514 | S2 | 16500 | 1.527.300 | 6.000 | 1.533.300 | |
| | | 14 | FAKULTAS EKONOMI GEDUNG D | JL. RONGGOWARSITO | 181101415229 | S2 | 41500 | 2.870.100 | 6.000 | 2.876.100 | |
| | | 15 | FAKULTAS HUKUM UNRI | JL. PATIMURA | 181101427700 | S2 | 41500 | 2.340.000 | 6.000 | 2.346.000 | |
| | | 16 | KAMPUS UNRI | KM 17 PKB - BKG TL.63266 | 181100000571 | S2 | 197000 | 11.574.000 | 6.000 | 11.580.000 | |
| | | 17 | R. LABOR FAFERI UNRI | UNRI | 181400011557 | S2 | 13200 | 940.500 | 3.000 | 943.500 | |
| | | 18 | UNIVERSITAS RIAU | BINA KARYA | 181400013378 | P1 | 33000 | 3.267.633 | 6.000 | 3.273.633 | |
| | | 19 | FAFERI | RY KE-PADANG TL.63266 E 207 | 181400013926 | S2 | 197000 | 15.822.000 | 6.000 | 15.828.000 | |
| | | 20 | UNIVERSITAS RIAU | RAYA BANGKINANG | 181400015308 | S2 | 450 | 25.860 | 0 | 25.860 | |
| | | 21 | R. PRAKTEK UNRI | UNRI KM.15 | 181400020275 | S2 | 4400 | 369.000 | 3.000 | 372.000 | |
| | | 22 | UNRI NON GELAR | UNRI SIMP BARU | 181400021020 | S2 | 10600 | 877.500 | 3.000 | 880.500 | |
| | | 23 | PERPUSTAKAAN UNRI | SIMP BARU | 181400022652 | P1 | 82500 | 8.514.900 | 6.000 | 8.520.900 | |
| | | 24 | FMPA UNRI | KMP. BINA WIDIA UNRI | 181400023974 | S2 | 164000 | 10.757.700 | 6.000 | 10.763.700 | |
| | | 25 | FAK PERTANIAN UNRI | COMP UNRI SIMP BARU | 181400027223 | S2 | 4400 | 158.400 | 0 | 158.400 | |
| | | 26 | REKTORAT UNRI | JL. SP. PANAM | 181400068724 | S2 | 197000 | 27.524.700 | 6.000 | 27.530.700 | |
| | | 27 | FISIFOL UNRI | UNRI SP. PANAM | 181400068732 | S2 | 197000 | 11.536.200 | 6.000 | 11.542.200 | |
| | | 28 | UNRI / PAPERITA | RAYA KE BANGKINANG | 181400068812 | S2 | 16500 | 2.703.600 | 6.000 | 2.709.600 | |
| | | 29 | FAKULTAS TEKNIK UNRI | BANGAU SAKTI SP BARU | 181400105658 | R2 | 3500 | 205.419 | 0 | 205.419 | |
| | | 30 | PUSKON UNRI | RAYA BANGKINANG TL.63266 | 181400106644 | S2 | 105000 | 11.679.300 | 6.000 | 11.685.300 | |
| | | 31 | LABOR FMPA UNRI | RAYA SIMP. PANAM | 181400106731 | S2 | 41500 | 2.883.600 | 6.000 | 2.889.600 | |
| | | 32 | GEDUNG AKUTANSI | KAMPUS UNRI SP. PANAM | 181400124639 | S2 | 33000 | 2.834.100 | 6.000 | 2.840.100 | |
| | | 33 | G. ARGOBISNIS PRT | KAMPUS UNRI SP. PANAM | 181400125665 | S2 | 23000 | 1.258.200 | 6.000 | 1.264.200 | |
| | | 34 | IRWAN EFFENDI/FMPA | KAMPUS UNRI PANAM | 181400129395 | S2 | 16500 | 767.700 | 3.000 | 770.700 | |
| | | 35 | REKTORAT UNRI/FMPA | KAMPUS UNRI JL. BINA WIDYA | 181400130688 | S2 | 41500 | 1.494.000 | 6.000 | 1.500.000 | |
| | | 36 | M. NURUL FIKRI | UNRI SP. PNM | 181400148543 | S2 | 3500 | 1.981.800 | 6.000 | 1.987.800 | |
| | | 37 | UNIVERSITAS RIAU | KAMPUS BINA WIDYA PANAM | 181400154221 | S3 | 690000 | 37.649.640 | 6.000 | 37.655.640 | |
| | | 38 | STADION UNRI PANAM | UNRI PANAM | 181400177794 | S2 | 13200 | 475.200 | 3.000 | 478.200 | |
| | | 39 | POLIKLINIK UNRI | KAMPUS UNRI PNM | 181400219009 | S2 | 33000 | 2.023.200 | 6.000 | 2.029.200 | |
| | | 40 | FEKON UNRI | BINA KARYA | 181401025393 | S2 | 197000 | 7.092.000 | 6.000 | 7.098.000 | |
| | | 41 | FISIP UNRI / GERAL IT | KAMPUS UNRI PNM | 18140078086 | S2 | 7700 | 784.800 | 3.000 | 787.800 | |
| | | 42 | FISIP UNRI / LAB. PARIWISA | KAMPUS UNRI PNM | 18140078094 | S2 | 33000 | 1.188.000 | 6.000 | 1.194.000 | |
| | | 43 | AUDITORIUM FMPA UR | KMP. BINA WIDIA UNRI | 181404212409 | S2 | 105000 | 6.319.800 | 6.000 | 6.325.800 | |
| | | 44 | VENUE PANJAT DINDING | BINA KARYA | 181404222016 | P1 | 16500 | 968.405 | 3.000 | 971.405 | |
| | | 45 | RUSUNAWA UNRI | PROF. DR. MOCHTAR LUTFI | 181404222026 | R3 | 197000 | 11.562.166 | 6.000 | 11.568.166 | |
| | | 46 | RS. PENDIDIKAN UNRI | BINA KRIDA PNM | 181404236882 | S2 | 197000 | 26.073.000 | 6.000 | 26.079.000 | |
| | | 47 | HERY SURYADI | HR. SUBRANTAS KAMPUS UNRI | 181404242449 | S2 | 33000 | 5.765.400 | 6.000 | 5.771.400 | |
| | | 48 | LEMBAGA PENELITIAN UR | KAMPUS BINA WIDYA UR | 181404315931 | P1 | 33000 | 6.070.137 | 6.000 | 6.076.137 | |
| | | 49 | EKKI GADDAF 10 | JL. GEDUNG BPTIK UR PANAM | 181404390732 | S2 | 41500 | 5.140.800 | 6.000 | 5.146.800 | |
| | | 50 | GEDUNG LAB ILMU KOMUNIKAS | JL. BINA WIDYA | 181404585680 | S2 | 33000 | 1.188.000 | 6.000 | 1.194.000 | |
| | | 51 | DEKANAT-UNRI | JL. BINA WIDYA UNRI PANAM | 181404613330 | S2 | 53000 | 6.527.700 | 6.000 | 6.533.700 | |
| | | 52 | FAK. HUKUM UNRI | JL. PATIMURA | 181101569317 | S2 | 41500 | 6.636.600 | 6.000 | 6.642.600 | |

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

| | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------|----|--------|-------------|---------|-------------|
| 53 | KAMPUS UNRI | JL BANDIES | 182500176963 | S2 | 147000 | 375.487.305 | 324.000 | 375.811.305 |
| 54 | LABOR TERPADU FAPERTA | JL KAMPUS BINA WIDYA UNIVERS | 181404908291 | P1 | 66000 | 6.000 | 6.000 | 5.298.000 |
| 55 | LABOR BIOTEKNOLOGI | KAMPUS BINA WIDYA UNIVERS | 181404909060 | P1 | 10600 | 6.000 | 6.000 | 3.879.619 |
| 56 | KAMPUS FAPERTA UNRI | KAMPUS FAPERTA UNIVERSITA | 181404913662 | P1 | 33000 | 6.000 | 6.000 | 625.127 |
| 57 | LABOR EKOFISILOGI UR | KAMPUS BINAWIDYA UR KM 12 | 181404913670 | P1 | 10600 | 6.000 | 6.000 | 1.942.810 |
| 58 | PEKON UNRI 1 | JL BINA KARVA | 181404916118 | S2 | 197000 | 6.000 | 6.000 | 625.127 |
| 59 | GEDUNG ARSIP UR | KAMPUS BINA WIDYA KM 12,5 | 181405076770 | S2 | 41500 | 6.000 | 6.000 | 17.910.600 |
| 60 | GD DEKANAT F. TEKNIK UR | KAMPUS BINA WIDYA KM 12,5 | 181405076788 | S2 | 197000 | 6.000 | 6.000 | 1.500.000 |
| 61 | GEDUNG PKM UR | PATTIMURA | 181101651645 | S2 | 41500 | 6.000 | 6.000 | 7.098.000 |
| 62 | LABOR AGROTEKNOLOGI | KAMPUS BINA WIDYA KM. 12, | 181404992448 | S2 | 10600 | 6.000 | 6.000 | 1.500.000 |
| 63 | GEDUNG KULIAH FAPERI UR | KAMPUS BINA WIDYA KM 12,5 | 181405076754 | S2 | 41500 | 6.000 | 6.000 | 384.600 |
| 64 | LABOR TANAH FAPERTA UR | KAMPUS BINA WIDYA KM. 12, | 181405076762 | S2 | 10600 | 6.000 | 6.000 | 19.349.700 |
| 65 | KAMPUS FKIP UR | KAMPUS BINA WIDYA | 181404989317 | S2 | 197000 | 6.000 | 6.000 | 1.914.000 |
| 66 | GEDUNG PERTUNJUKAN UR | KAMPUS BINA WIDYA KM 12,5 | 181405076747 | S2 | 53000 | 6.000 | 6.000 | 1.908.000 |
| JUMLAH YANG HARUS DISETORKAN | | | | | | 375.487.305 | 324.000 | 375.811.305 |

CATATAN :
Rek listrik bulan Juli 2019 adalah pemakaian Aliran Listrik bulan Juni 2019

Pekanbaru, Juli 2019
Supy Pemasaran & Pelayanan Pelanggan

ANDKO BESTARI

4



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

| Nama Kode : UNRI | | No. | Pemilik | ALAMAT | | NO ID PEL | TRF | DAYA | REKENING | RP MAT | TOTAL TAG | KET |
|------------------|---------------------------|-----|---------|------------------------------|------------------------------|---------------|-----|--------|------------|--------|------------|-----|
| 1 | MEES UNIPERSTAS | 1 | UNRI | DIPONEGORO 42 | DIPONEGORO | 181100020004 | R1 | 2200 | 1.297.076 | 6.000 | 1.303.076 | |
| 2 | MESS UNRI | 2 | UNRI | DIPONEGORO 42 | DIPONEGORO | 181100020012 | R1 | 3500 | 1.358.701 | 6.000 | 1.364.701 | |
| 3 | MESS I K I P | 3 | UNRI | DIPONEGORO 42 | DIPONEGORO | 181100020069 | R3 | 6600 | 1.637.484 | 6.000 | 1.643.484 | |
| 4 | UNIVERSITAS RIAU | 4 | UNRI | DIPONEGORO 42 | DIPONEGORO | 181100020443 | R3 | 13200 | 4.222.244 | 6.000 | 4.228.244 | |
| 5 | UNIVERSITAS RIAU | 5 | UNRI | RONGGOWARSITO | RONGGOWARSITO | 181100066657 | S2 | 105000 | 17.257.650 | 6.000 | 17.263.650 | |
| 6 | LABORATORIUM UNRI | 6 | UNRI | RONGGOWARSITO | RONGGOWARSITO | 181100175041 | P1 | 53000 | 11.566.568 | 6.000 | 11.572.568 | |
| 7 | S.M.F. IKASARI | 7 | UNRI | JL PATIMURA | JL PATIMURA | 181100021566 | S2 | 3500 | 270.000 | 6.000 | 273.000 | |
| 8 | FEKON UNRI | 8 | UNRI | RONGGOWARSITO | RONGGOWARSITO | 181100067859 | S2 | 41500 | 5.523.300 | 6.000 | 5.529.300 | |
| 9 | KAMPUS UNRI | 9 | UNRI | RONGGOWARSITO | RONGGOWARSITO | 181100768676 | S2 | 41500 | 6.085.800 | 6.000 | 6.091.800 | |
| 10 | GEDUNG PROGRAM S1 | 10 | UNRI | JL RONGGOWARSITO | JL RONGGOWARSITO | 181100811226 | S2 | 53000 | 1.908.000 | 6.000 | 1.914.000 | |
| 11 | FAK. KEDOKTERAN RIAU | 11 | UNRI | DIPONEGORO | DIPONEGORO | 181100865078 | S3K | 555000 | 42.848.442 | 6.000 | 42.854.442 | |
| 12 | DENI HARIADI | 12 | UNRI | PATIMURA P2KK UNRI | PATIMURA | 181101046364 | R1 | 2200 | 180.475 | 0 | 180.475 | |
| 13 | UNRI PASCA SARJANA | 13 | UNRI | JL PATIMURA O RT.3 RW.3 | JL PATIMURA | 181101112514 | S2 | 16500 | 2.588.400 | 6.000 | 2.594.400 | |
| 14 | FAKULTAS EKONOMI GEDUNG D | 14 | UNRI | JL RONGGOWARSITO | JL RONGGOWARSITO | 181101415229 | S2 | 41500 | 5.813.100 | 6.000 | 5.819.100 | |
| 15 | FAKULTAS HUKUM UNRI | 15 | UNRI | JL PATIMURA | JL PATIMURA | 181101422700 | S2 | 41500 | 5.145.300 | 6.000 | 5.151.300 | |
| 16 | KAMPUS UNRI | 16 | UNRI | KM 17 PKB - BKG TL 63286 | KM 17 PKB - BKG TL 63286 | 181400000571 | S2 | 197000 | 7.680.600 | 6.000 | 7.686.600 | |
| 17 | LABOR FAFERI UNRI | 17 | UNRI | BINA KARYA | BINA KARYA | 181400011557 | S2 | 33000 | 1.618.200 | 6.000 | 1.624.200 | |
| 18 | UNIVERSITAS RIAU | 18 | UNRI | RY KE-PADANG TL 63286 E 207 | RY KE-PADANG TL 63286 E 207 | 181400013378 | P1 | 33000 | 3.625.649 | 6.000 | 3.631.649 | |
| 19 | FAFERI | 19 | UNRI | RAYA BANGKINANG | RAYA BANGKINANG | 181400013926 | S2 | 197000 | 35.161.200 | 6.000 | 35.167.200 | |
| 20 | UNIVERSITAS RIAU | 20 | UNRI | UNRI KM.15 | UNRI KM.15 | 181400015308 | S2 | 450 | 27.300 | 0 | 27.300 | |
| 21 | R PRAKTEK UNRI | 21 | UNRI | UNRI SIMP BARU | UNRI SIMP BARU | 181400020275 | S2 | 4400 | 439.200 | 3.000 | 442.200 | |
| 22 | UNRI NON GELAR | 22 | UNRI | SIMP BARU | SIMP BARU | 181400021020 | S2 | 10600 | 1.413.000 | 6.000 | 1.419.000 | |
| 23 | PERPUSTAKAAN UNRI | 23 | UNRI | KWPS BINA WIDYA UNRI | KWPS BINA WIDYA UNRI | 181400022652 | P1 | 82500 | 14.051.700 | 6.000 | 14.057.700 | |
| 24 | FMPA UNRI | 24 | UNRI | COMP UNRI SIMP BARU | COMP UNRI SIMP BARU | 181400023974 | S2 | 164000 | 16.220.700 | 6.000 | 16.226.700 | |
| 25 | FAK PERTANIAN UNRI | 25 | UNRI | JL SP PANAM | JL SP PANAM | 181400027223 | S2 | 4400 | 158.400 | 0 | 158.400 | |
| 26 | REKTORAT UNRI | 26 | UNRI | UNRI SP PANAM | UNRI SP PANAM | 181400068724 | S2 | 197000 | 38.784.600 | 6.000 | 38.790.600 | |
| 27 | FISIFOL UNRI | 27 | UNRI | RAYA KE BANGKINANG | RAYA KE BANGKINANG | 181400068732 | S2 | 197000 | 19.181.700 | 6.000 | 19.187.700 | |
| 28 | UNRI / PAPERTA | 28 | UNRI | BANGAU SAKTI SP BARU | BANGAU SAKTI SP BARU | 181400068812 | S2 | 16500 | 2.772.000 | 6.000 | 2.778.000 | |
| 29 | FAKULTAS TEKNIK UNRI | 29 | UNRI | RAYA BANGKINANG TL 63286 | RAYA BANGKINANG TL 63286 | 181400105958 | R2 | 3500 | 205.419 | 0 | 205.419 | |
| 30 | PUSKOM UNRI | 30 | UNRI | UNRI SP PANAM | UNRI SP PANAM | 181400106844 | S2 | 105000 | 17.361.000 | 6.000 | 17.367.000 | |
| 31 | LABOR FMIPA UNRI | 31 | UNRI | KAMPUS UNRI SP PANAM | KAMPUS UNRI SP PANAM | 181400106731 | S2 | 41500 | 4.620.600 | 6.000 | 4.626.600 | |
| 32 | GEDUNG AKUTANSI | 32 | UNRI | KAMPUS UNRI SP PANAM | KAMPUS UNRI SP PANAM | 181400124639 | S2 | 33000 | 3.964.500 | 6.000 | 3.970.500 | |
| 33 | G ARGOBISNIS PRT | 33 | UNRI | KAMPUS UNRI SP PANAM | KAMPUS UNRI SP PANAM | 181400125665 | S2 | 23000 | 2.964.600 | 6.000 | 2.970.600 | |
| 34 | IRWAN EFENDIFEMPA | 34 | UNRI | KAMPUS UNRI PANAM | KAMPUS UNRI PANAM | 181400125955 | S2 | 16500 | 1.134.900 | 6.000 | 1.140.900 | |
| 35 | REKTORAT UNRI/FMIPA | 35 | UNRI | KAMPUS UNRI JL BINA WIDYA | KAMPUS UNRI JL BINA WIDYA | 181400130688 | S2 | 41500 | 1.494.000 | 6.000 | 1.500.000 | |
| 36 | M.NURUL FIKRI | 36 | UNRI | UNRI SP PANAM | UNRI SP PANAM | 181400148943 | S2 | 3500 | 2.270.700 | 6.000 | 2.276.700 | |
| 37 | UNIVERSITAS RIAU | 37 | UNRI | KAMPUS BINA WIDYA PANAM | KAMPUS BINA WIDYA PANAM | 181400154221 | S3 | 690000 | 58.661.820 | 6.000 | 58.667.820 | |
| 38 | STADION UNRI PANAM | 38 | UNRI | UNRI PANAM | UNRI PANAM | 181400177794 | S2 | 13200 | 490.500 | 3.000 | 493.500 | |
| 39 | POLIKLINIK UNRI | 39 | UNRI | KAMPUS UNRI PNM | KAMPUS UNRI PNM | 181400219009 | S2 | 33000 | 3.033.000 | 6.000 | 3.039.000 | |
| 40 | FEKON UNRI | 40 | UNRI | BINA KARYA | BINA KARYA | 181401025363 | S2 | 197000 | 7.092.000 | 6.000 | 7.098.000 | |
| 41 | FISIP UNRI / GERAL IT | 41 | UNRI | KAMPUS UNRI PNM | KAMPUS UNRI PNM | 181404078086 | S2 | 7700 | 1.405.800 | 6.000 | 1.411.800 | |
| 42 | FISIP UNRI / LAB PARIWISA | 42 | UNRI | KAMPUS UNRI PNM | KAMPUS UNRI PNM | 181404078094 | S2 | 33000 | 1.188.000 | 6.000 | 1.194.000 | |
| 43 | AUDITORIUM FMIPA UR | 43 | UNRI | KWPS BINA WIDYA UNRI | KWPS BINA WIDYA UNRI | 181404212409 | S2 | 105000 | 8.209.800 | 6.000 | 8.215.800 | |
| 44 | VENUE PANJAT DINDING | 44 | UNRI | BINA KARYA | BINA KARYA | 181404222018 | P1 | 16500 | 968.405 | 3.000 | 971.405 | |
| 45 | RUSUNAWA UNRI | 45 | UNRI | PROF.DR.MOCHTAR LUTFI | PROF.DR.MOCHTAR LUTFI | 181404222028 | R3 | 197000 | 11.562.166 | 6.000 | 11.568.166 | |
| 46 | RS. PENDIDIKAN UNRI | 46 | UNRI | BINA KRIDA PNM | BINA KRIDA PNM | 181404226982 | S2 | 197000 | 30.212.100 | 6.000 | 30.218.100 | |
| 47 | HERY SURYADI | 47 | UNRI | HR SUBRANTAS KAMPUS UNRI | HR SUBRANTAS KAMPUS UNRI | 181404242449 | S2 | 33000 | 7.953.300 | 6.000 | 7.959.300 | |
| 48 | LEMBAGA PENELITIAN UR | 48 | UNRI | KAMPUS BINA WIDYA UR | KAMPUS BINA WIDYA UR | 181404315931 | P1 | 33000 | 8.577.719 | 6.000 | 8.583.719 | |
| 49 | EKKI GAODAFI 10 | 49 | UNRI | JL GEDUNG BPTIK UR PANAM | JL GEDUNG BPTIK UR PANAM | 181404390732 | S2 | 41500 | 4.483.800 | 6.000 | 4.489.800 | |
| 50 | GEDUNG LAB ILMU KOMUNIKAS | 50 | UNRI | JL BINA WIDYA | JL BINA WIDYA | 181404856580 | S2 | 33000 | 1.188.000 | 6.000 | 1.194.000 | |
| 51 | DEKANAT-UNRI | 51 | UNRI | JL BINA WIDYA UNRI PANAM | JL BINA WIDYA UNRI PANAM | 181404612330 | S2 | 41500 | 9.946.800 | 6.000 | 9.952.800 | |
| 52 | FAK HUKUM UNRI | 52 | UNRI | JL PATIMURA | JL PATIMURA | 1811011569317 | S2 | 41500 | 8.613.000 | 6.000 | 8.619.000 | |
| 53 | KAMPUS UNRI | 53 | UNRI | JL BANDES | JL BANDES | 182500176963 | S2 | 147000 | 5.292.000 | 6.000 | 5.298.000 | |
| 54 | LABOR TERPADU FAPERTA | 54 | UNRI | JL KAMPUS BINA WIDYA UNIVERS | JL KAMPUS BINA WIDYA UNIVERS | 181404908291 | P1 | 66000 | 3.873.619 | 6.000 | 3.879.619 | |

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

| | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|----|--------|------------|-------|-------------|
| 55 | LABOR BIOTEKNOLOGI | KAMPUS BINA WIDYA UNIVERS | 1814040913662 | P1 | 10600 | 622.127 | 3.000 | 625.127 |
| 56 | KAMPUS FAPERTA UNRI | KAMPUS FAPERTA UNIVERSITA | 1814040913670 | P1 | 33000 | 1.935.810 | 6.000 | 1.942.810 |
| 57 | LABOR EKOFISIOLOGI UR | KAMPUS BINAWIDYA UR KM 12 | 1814040916118 | P1 | 10600 | 701.360 | 3.000 | 704.360 |
| 58 | FEKON UNRI 1 | JL BINA KARYA | 181405076770 | S2 | 197000 | 28.025.600 | 6.000 | 28.035.600 |
| 59 | GEDUNG ARSIP UR | KAMPUS BINA WIDYA KM 12,5 | 181405076788 | S2 | 41500 | 1.494.000 | 6.000 | 1.500.000 |
| 60 | GD.DERKANAT F. TEKNIK UR | KAMPUS BINA WIDYA KM 12,5 | 181405076788 | S2 | 197000 | 1.092.000 | 6.000 | 7.098.000 |
| 61 | GEDUNG PKM UR | PATTIMURA | 1811101011814 | S2 | 41500 | 1.494.000 | 6.000 | 1.500.000 |
| 62 | LABOR AGROTEKNOLOGI | KAMPUS BINA WIDYA KM. 12, | 1814049592448 | S2 | 10600 | 381.600 | 3.000 | 384.600 |
| 63 | GEDUNG KULIAH FAPERTA UR | KAMPUS BINA WIDYA KM 12,5 | 181405076754 | S2 | 41500 | 1.494.000 | 6.000 | 1.500.000 |
| 64 | LABOR TANAH FAPERTA UR | KAMPUS BINA WIDYA KM. 12, | 181405076762 | S2 | 10600 | 381.600 | 3.000 | 384.600 |
| 65 | KAMPUS FKIP UR | KAMPUS BINA WIDYA | 181404989317 | S2 | 197000 | 29.849.400 | 6.000 | 29.855.400 |
| 66 | GEDUNG PERTUNJUKAN UR | KAMPUS BINA WIDYA KM 12,5 | 181405076747 | S2 | 53000 | 1.908.000 | 6.000 | 1.914.000 |
| JUMLAH YANG HARUS DISETORKAN | | | | | | | | 531.336.834 |
| | | | | | | | | 348.000 |
| | | | | | | | | 530.988.834 |

CATATAN :
Rek listrik bulan Agustus 2019 adalah pemakaian Aliran Listrik bulan Juli 2019

Pekanbaru, Agustus 2019
Supv Pengajaran & Pelayanan Pelanggan

ANDIKO BESTARI



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Ahmad Rian Nur kelahiran Batu belah, 04 Agustus 1995 merupakan anak kedua buah hati dari pasangan Helmi Arif dan Nur Kaya. Penulis menempuh pendidikan SD Negeri 060 Desa Tg. Rambutan dan lulus pada tahun 2009, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di MTsN Negeri Naumbai dan lulus pada tahun 2012, dan kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang SMAN 1 Kampar dan lulus pada tahun 2015 setelah menamatkan pendidikan SMA penulis melanjutkan pendidikan ke Universitas Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dengan mengambil jurusan Teknik Elektro dan lulus pada tahun 2019.

Dengan rahmat Allah SWT, ketekunan serta motivasi dan kemauan keras untuk belajar dan berusaha penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir ini mampu memberikan manfaat dan kontribusi untuk siapa saja yang membutuhkan.

Akhir kata penulis ucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas terselesaikannya Tugas Akhir yang berjudul : **“Analisis Teknis Dan Ekonomis Pembangkit Listrik Building Integrated Fotovoltaik (BIPV) (Studi Kasus : Rumah Sakit Universitas Riau)”**.

HP/ WA : 0822-8809-5938

Email : ahmadriannur040896@gmail.com

Judul TA : Analisis Teknis Dan Ekonomis Pembangkit Listrik Building Integrated Fotovoltaik (BIPV) (Studi Kasus : Rumah Sakit Universitas Riau).